

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE RÔLE DU FEEDBACK AUDITIF DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA
PRODUCTION DE LA PAROLE : ÉTUDE ACOUSTIQUE DES VOYELLES ORALES
DU FRANÇAIS PRODUITES PAR DES LOCUTEURS SOURDS
AYANT REÇU UN IMPLANT COCHLÉAIRE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN LINGUISTIQUE

PAR

ANIK DEMERS-PELLETIER

MAI 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mon infinie gratitude à ma directrice Madame Johanna-Pascale Roy Ph.D. pour sa grande générosité, pour tout le temps qu'elle m'a accordé, ses encouragements constants et son professionnalisme. Je lui saurai toujours gré de m'avoir inculqué une méthode de travail qui me servira toute ma vie.

Je veux aussi remercier ma co-directrice Madame Lucie Ménard Ph.D. pour sa disponibilité, sa générosité et ses précieux conseils, notamment quant au choix de mon comité d'évaluation

Merci à mes lecteurs, Monsieur Henri Cohen Ph.D., professeur au département de neuropsychologie et Madame Shari Baum Ph.D., professeure à l'Université McGill (School of Communication Sciences and Disorders). Malgré leur emploi du temps chargé et sans me connaître, ils ont eu la gentillesse d'accepter de collaborer à ce mémoire.

Merci à Madame Lucie Cantin, grâce à qui ce projet longuement caressé est devenu réalité. Merci à mes parents Laurence Demers et Georges Pelletier, à ma sœur Julie et à mon amoureux Arold pour leur confiance et leurs encouragements et qui, chacun à leur manière ont contribué à réaliser ce mémoire.

Merci à Marie-Ève Bouchard pour sa précieuse collaboration. Merci à Julianne Bertrand qui m'a aidée à garder mon calme dans les moments angoissants et à combler les lacunes accumulées depuis la fin de mon baccalauréat en 1990.

Enfin, merci aux vingt personnes qui ont eu l'amabilité de participer à mon interminable test de perception!

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RÉSUMÉ	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I.....	2
LA PROBLÉMATIQUE	
1.1 Les niveaux de surdité	2
1.2 Les causes de surdité chez l'enfant	3
1.3 Les types de surdité	5
1.4 Une solution à ce handicap : l'implant cochléaire	6
1.5 Objectifs	7
CHAPITRE II	
ÉTAT DE LA QUESTION.....	9
2.1 Le rôle de la vision dans le développement de la parole.....	9
2.2 La perception auditive	12
2.2.1 Description du système auditif.....	12
2.2.2 La cochlée	15
2.2.3 Perception auditive et développement de la parole.....	16
2.2.4 Perception auditive et production.....	18
2.3 Développement de la parole chez l'enfant normo-entendant.....	19

2.3.1	Vocalisations	22
2.3.2	Babillage canonique	23
2.3.3	Acquisition des voyelles	25
2.3.4	Acquisition des consonnes	26
2.3.5	Autres caractéristiques	26
2.4	Développement de la parole chez l'enfant sourd	28
2.4.1	Vocalisations	29
2.4.2	Babillage	30
2.4.3	Acquisition des voyelles	31
2.4.4	Acquisition des consonnes	32
2.4.5	Autres caractéristiques	33
2.5	Caractéristiques langagières avant l'implant	34
2.5.1	Ordre d'acquisition des voyelles	36
2.5.2	Ordre d'acquisition des consonnes	37
2.5.3	Les syllabes	37
2.6	Développement de la parole et implant cochléaire	38
2.6.1	Présentation de l'implant cochléaire	41
CHAPITRE III		
	MÉTHODOLOGIE	48
3.4	Accord inter-juges	52
3.5	Analyse acoustique	53
CHAPITRE IV		
	INVENTAIRE DES VOYELLES	55

4.1 Inventaire général.....	55
4.2 Inventaire selon le lieu d'articulation.....	64
4.4 Inventaire selon l'arrondissement	73

CHAPITRE V

ANALYSE FORMANTIQUE.....	79
5.1 Résultats concernant le sujet 1	80
5.2 Résultats concernant le sujet 2	84
5.3 Résultats concernant le sujet 3	87
5.4 Résultats concernant sujet 4	91

CHAPITRE VI

ESPACE VOCALIQUE MAXIMAL	96
6.1 Résultats du sujet 1	96
6.2 Résultats concernant le sujet 2	98
6.3 Résultats concernant le sujet 3	100
6.4 Résultats concernant le sujet 4	101

CHAPITRE VII

SYNTHÈSE	105
7.1 Les résultats antérieurs.....	105
7.2 La méthodologie employée	106
7.3 Les résultats.....	107
7.3.1 Effets du stade post-implantation.....	107
7.3.2 Effets de l'âge à l'implantation.....	108
7.3.3 Effets du manque de feedback auditif sur le contrôle moteur.....	108

7.4 Limitations de la recherche	109
CONCLUSION	110
Perspectives de recherches	110
APPENDICE A	111
RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 1	
APPENDICE B	115
RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 2	
APPENDICE C	118
RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 3	
APPENDICE D	124
RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 4	
APPENDICE E	129
DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 1	
APPENDICE F	133
DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 2	
APPENDICE G	135
DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 3	
APPENDICE H	141
DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 4	
BIBLIOGRAPHIE	145
Références électroniques	159

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Anatomie de l'oreille.....	13
Figure 2.2 Transmission des sons.....	14
Figure 2.3 Schéma de la cochlée.....	15
Figure 2.4 Coupe sagittale du conduit vocal d'un nouveau-né (reproduction et traduction de Kent 1997 : 152, adapté par Ménard 2002).....	20
Figure 2.5 Coupe sagittale du conduit vocal d'un homme. (reproduction et traduction de Kent 1997 : 142 adapté par Ménard 2002).....	20
Figure 2.6 Composantes de l'implant cochléaire (Truy et Lina, 2003).	42
Figure 2.7 Illustration de l'os mastoïde (Paparella <i>et al.</i> 1993).....	44
Figure 5.1 Distances euclidiennes de centre à centre des ellipses.....	80
Figure 5.2 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	81
Figure 5.3 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	82
Figure 5.4 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	83
Figure 5.5 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	84
Figure 5.6 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	85
Figure 5.7 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	86
Figure 5.8 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	87
Figure 5.9 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	88
Figure 5.10 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	89
Figure 5.11 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	90
Figure 5.12 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	91
Figure 5.13 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	92
Figure 5.14 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	93
Figure 5.15 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.....	94
Figure 6.1 Espace vocalique maximal dans le plan F1 vs F2.....	97
Figure 6.2 Espace vocalique maximal dans le plan F1 vs F2.....	98
Figure 6.3 Espace vocalique maximal, plan F1 vs F2.....	100

Figure 6.4 Espace vocalique maximal, plan F1 vs F2.....	101
Figure 6.5 Résultats de Rvavchew <i>et al.</i> , 2006.....	106

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1

Principales causes prénatales de surdité chez les enfants 4

Tableau 1.2

Principales causes néonatales de surdité chez les enfants..... 4

Tableau 1.3

Principales causes postnatales de surdité chez les enfants (Paparella *et al.*, 1993) 5

Tableau 2.1

Productions typiques chez les enfants de toutes communautés linguistiques confondues
en ordre d'acquisition. (de Boysson-Bardies, 1999)..... 27

Tableau 3.1

Description des locuteurs retenus pour l'étude 50

Tableau 3.2

Évaluation des capacités communicatives des enfants avant la pose de l'implant
cochléaire 51

Tableau 4.1

Inventaires des voyelles produites par les sujets 1, 2, 3 et 4 à 6 et 12 mois
post-implantation 56

Tableau 4.2

Inventaires des voyelles produites par les sujets 1, 2, 3 et 4 à 18 et 24 mois
post-implantation 61

Tableau 4.3

Productions des voyelles des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon le lieu
d'articulation. (A = antérieures; C = centrales; P = postérieures)..... 66

Tableau 4.4

Tableau 4.4. Productions vocaliques des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon l'aperture
(F = fermées; MF = mi-fermées; M = moyennes; MO = mi-ouvertes; O = ouvertes)..... 69

Tableau 4.5

Production des voyelles des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon l'arrondissement

(A = arrondies; N = non-arrondies) 73

Tableau 6.1

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus

compactes pour chacun des stades post-implantation..... 97

Tableau 6.2

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus

compactes pour chacun des stades post-implantation..... 99

Tableau 6.3

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus

compactes pour chacun des stades post-implantation..... 100

Tableau 6.4

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus

compactes pour chacun des stades post-implantation..... 102

RÉSUMÉ

Le but de cette étude était d'étudier le développement du système vocalique chez quatre enfants français atteints de surdité profonde de naissance, ayant reçu un implant cochléaire. Des études antérieures ont démontré que l'enfant sourd, privé d'informations auditives, accuse un retard dans le développement de son contrôle moteur (Locke et Pearson, 1992). Les conséquences en seront : un espace phonologique réduit et des valeurs de formants F1 et F2 plus rapprochées, par exemple. Toutes les voyelles orales ont été extraites des enregistrements audio-visuels portant sur le discours spontané des quatre enfants après 6 à 24 mois d'expérience avec implant. Vingt juges ont écouté ces voyelles et les ont identifiées une à une. Puis, les fréquences formantiques des voyelles ont été analysées : 473 au total. Nos résultats confirment ceux des études antérieures quant à un développement langagier plus lent chez l'enfant sourd ainsi qu'un ordre d'apparition des voyelles parfois différent. Après 12 mois d'expérience auditive, grâce à un contrôle moteur plus fin, l'inventaire vocalique devient plus riche. Sur le plan acoustique, on remarque une expansion considérable dans le coin grave avec le temps. Nos résultats sont comparables à ceux d'enfants entendants quant à une diminution de variabilité des valeurs formantiques F1 et F2 et une expansion de l'espace diffus-grave avec le temps (Rvachew *et al.*, 2006).

Mots clés : parole, surdité, enfants, production, voyelles, implant cochléaire.

INTRODUCTION

La surdité est le handicap sensoriel le plus fréquent. L'audition est pourtant essentielle pour le développement de la parole. Chez les enfants normo-entendants, le système auditif serait déjà fonctionnel à la 25^e semaine *in utero*. Pour l'enfant sourd profond, la vision demeure la seule source d'informations disponible pour l'acquisition de la parole. Il existe plusieurs causes de surdité chez les enfants. Ces causes peuvent être pré-natales, néo-natales ou post-natales. L'acquisition de la parole se déroule en plusieurs étapes qui sont sensiblement les mêmes pour tous les enfants, quelle que soit leur langue maternelle. L'objectif principal de cette recherche est d'étudier l'émergence du système vocalique chez des enfants sourds ayant reçu un implant cochléaire.

Notre mémoire sera composé de trois parties principales. La première concernera le développement de la parole tant au niveau de la perception que de la production chez l'enfant normo-entendant et chez l'enfant sourd. L'anatomie du conduit vocal ainsi que le fonctionnement de l'implant cochléaire seront également décrits.

Une deuxième partie détaillera la méthodologie utilisée. Nous présenterons les locuteurs retenus dans le cadre de cette recherche, leur âge et leur origine géographique. L'ensemble des résultats acoustiques présentés dans le cadre d'une troisième partie reposeront sur l'utilisation de représentations acoustiques du signal de parole.

Nous procéderons alors à l'analyse de l'inventaire vocalique de quatre enfants sourds bénéficiant d'un implant cochléaire à chacun des stades suivants : 6, 12, 18 et 24 mois post-implantation. Puis, nous suivrons l'évolution des formants F1, F2 des voyelles et celle de la taille des trapèzes vocaliques. Les résultats nous permettront d'évaluer l'évolution du système vocalique de chacun des enfants, puis de les comparer entre eux.

CHAPITRE I

LA PROBLÉMATIQUE

La surdité est le handicap sensoriel le plus fréquent : un à deux enfants sur mille dans les pays industrialisés sont atteints de surdité bilatérale neurosensorielle de 50 dB ou plus (Calmels *et al.*, 2003).

1.1 Les niveaux de surdité

Le BIAP (Bureau International d'Audiométrie) propose un classement audiométrique des individus en fonction des six grandes catégories suivantes :

Audition normale ou subnormale :

La perte moyenne ne dépasse pas 20 dB. Il s'agit d'une atteinte tonale légère sans incidence sociale.

Surdité légère :

La perte moyenne est comprise entre 21 dB et 40 dB. La parole est perçue à voix normale. Elle est par contre difficilement perçue à voix basse ou lointaine. Néanmoins, la plupart des bruits familiaux restent perçus.

Surdité moyenne :

Premier degré : la perte moyenne est comprise entre 41 et 55 dB.

Deuxième degré : la perte moyenne est comprise entre 56 et 70 dB.

La parole est perçue à voix forte. Le sujet comprend mieux en regardant parler son interlocuteur. Quelques bruits familiers sont encore perçus.

Surdité sévère :

Premier degré : la perte moyenne est comprise entre 71 et 80 dB.

Deuxième degré : la perte moyenne est comprise entre 81 et 90 dB.

La parole est perçue à voix forte et près de l'oreille. Seuls les bruits forts sont encore perçus.

Surdité profonde :

Premier degré : la perte moyenne est comprise entre 91 et 100 dB.

Deuxième degré : la perte moyenne est comprise entre 101 et 110 dB.

Troisième degré : la perte moyenne est comprise entre 111 et 119 dB.

La parole n'est plus du tout perçue. Seuls les bruits très puissants sont perçus.

Déficiences auditives totales :

La perte moyenne est de 120 dB. Rien n'est plus perçu¹.

Le classement audiométrique présenté ci-dessus nous aidera à situer les quatre enfants dont il sera question dans cette recherche. Nous reviendrons plus tard sur les conditions idéales pour un développement langagier optimal, mais il est important de se rappeler que l'âge à l'implantation constitue un facteur majeur.

1.2 Les causes de surdité chez l'enfant

Il existe plusieurs causes de surdité chez les enfants. Nous les avons classées de la façon suivante : causes prénatales, causes néonatales et enfin, causes post-natales.

¹ <http://www.surdite.net/documentation/surdite/degres.html>.

Tableau 1.1
Principales causes prénatales de surdité chez les enfants

Causes prénatales
Héréditaires ou familiales
Surdité seule
Surdité avec d'autres anomalies. Par exemple : trisomies 13, 18, 21
Infections
Rubéole
Herpès
Cytomégalovirus
Syphilis
Toxoplasmose
Intoxication (médicaments)
Désordres métaboliques
Hypothyroïdie congénitale
Incompatibilité du groupe sanguin mère /enfant
Irradiation (rayons X) en début de grossesse

Tableau 1.2
Principales causes néonatales de surdité chez les enfants

Causes néonatales
Prématurité < 1500 grammes
Jaunisse
Asphyxie à la naissance
Traumatisme obstétrical (hémorragie intra-crânienne)

Tableau 1.3
Principales causes postnatales de surdité chez les enfants
 (Paparella *et al.*, 1993)

Causes post-natales
Infectieuses
Méningite
Encéphalite
Oreillons
Rubéole
Otites moyennes chronique
Labyrinthite
Ototoxicité (médicaments)
Cancers (leucémie, tumeur cérébrale)
Traumatismes
Crânien
acoustique (explosion)
Désordres métaboliques
Hypothyroïdie
Maladies rénales
Maladie de Ménière
Surdité soudaine

Il existe également différents types de surdité. Nous les avons divisés en trois classes.

1.3 Les types de surdité

Surdités neurosensorielles :

Ces surdités peuvent être conséquentes à des lésions du nerf auditif ou à des lésions de la cochlée pouvant causer la destruction des cellules ciliées de celle-ci. Ces surdités affectent surtout l'amplitude du signal.

Surdité de perception :

Elle se caractérise par une perte de sensibilité qui touche principalement les hautes fréquences.

Surdité de transmission :

Ce type de surdité peut affecter soit l'oreille interne, soit l'oreille moyenne et parfois les deux. Elle entraîne une baisse de toutes les fréquences, surtout les sons graves.

Les surdités neurosensorielles provoquent souvent des pertes auditives graves ayant des répercussions sérieuses sur la communication du jeune enfant. Quant à la surdité de transmission, elle n'entraîne jamais une perte totale de l'ouïe et peut souvent être traitée par médicaments ou par chirurgie. Sinon, le port d'une prothèse auditive rehausse les sons mal perçus. (Buser et Imbert, 1987; Paparella *et al.*, 1993).

1.4 Une solution à ce handicap : l'implant cochléaire

La communauté scientifique s'entend sur le fait qu'un diagnostic et une mise en place de l'implant cochléaire précoces donneront des résultats supérieurs sur le plan linguistique. Loundoun *et al.* (2003) affirment en effet que l'âge à l'implant est l'un des facteurs qui a le plus d'impact sur les résultats. Les enfants qui ont reçu leur implant avant l'âge de trois ans ont une meilleure perception de la parole que leurs pairs implantés plus tard.

Selon Calmels *et al.* (2003), les critères d'implantation en 2003 étaient les suivants :

- Âge physiologique de 12 mois et plus;
- Surdité de perception bilatérale sévère à profonde;
- Bénéfice tiré des prothèses auditives plus faible que celui escompté d'une implantation cochléaire;
- Absence de contre-indication médicale à l'anesthésie générale;
- Entourage familial présent et motivé;

- Éducation et mode de communication à prédominance orale.

Dans la liste précédente, un facteur pourtant déterminant dans plusieurs études a été omis: il s'agit du milieu socio-économique. Les enfants socio-économiquement avantagés obtiennent généralement de meilleurs résultats. Le sexe de l'enfant serait également un facteur important : une différence significative a été observée en faveur des filles (Le Normand et Berger, 2003; Geers *et al.*, 2003).

Un diagnostic précoce est également crucial. Il semble que les enfants pris en charge avant six mois développent un langage normal, alors que ceux qui l'ont été plus tard accèdent à moins de compétences langagières aussi bien en réception qu'en expression (O'Donoghue, 2003). Quoi qu'il en soit, selon Lesinski-Shiedat (2003), le succès de l'implantation cochléaire chez les enfants repose surtout sur la qualité de la maturation du conduit auditif.

Sachant que l'acquisition du langage nécessite un feedback auditif (Calmels *et al.*, 2003), on devrait donc observer une émergence du système vocalique différente chez l'enfant sourd. Afin de vérifier cette hypothèse, nous proposons une analyse des voyelles produites par des enfants sourds profonds ayant reçu un implant cochléaire.

1.5 Objectifs

L'objectif principal de cette recherche est d'assurer un suivi longitudinal de l'émergence du système vocalique chez quatre enfants sourds ayant reçu un implant cochléaire. Nous avons choisi les voyelles parce qu'elles constituent les tout premiers sons que produira le bébé.

Pour ce faire, nous allons :

- Analyser l'inventaire vocalique de chacun des enfants à différents stades post-implantation;
- Procéder à l'analyse acoustique des productions vocaliques;
- Suivre l'évolution des formants F1, F2 des voyelles orales;
- Suivre l'évolution de la taille des trapèzes vocaliques;

- Comparer l'émergence du système vocalique de l'enfant sourd à celle de l'enfant entendant.

Néanmoins, avant de pouvoir proposer une analyse acoustique des voyelles, il nous paraît important dans un premier temps de rappeler l'importance de la vision et de l'audition dans le développement du langage. Dans un deuxième temps, nous soulignerons les principales étapes du développement langagier chez l'enfant entendant, puis chez l'enfant sourd et enfin, chez l'enfant ayant reçu un implant cochléaire.

CHAPITRE II

ÉTAT DE LA QUESTION

Comme nous l'avons mentionné précédemment, avant de procéder à l'analyse acoustique des voyelles, nous avons cru bon de retracer les principales étapes du développement de la parole en commençant par l'influence majeure que la vision et l'audition ont sur celui-ci.

2.1 Le rôle de la vision dans le développement de la parole

Les expériences de Erber (1975) ont démontré que la vision améliore de façon considérable la perception de la parole, et ce, même à des niveaux de bruit où le signal sonore est à peine perceptible. D'après Reisberg *et al.* (1987), la vision améliore jusqu'à 15 % la compréhension du message par rapport à un stimulus sonore seul.

Chez les bébés, le rôle de la vision est fondamental pour le développement langagier. Selon Eisenberg *et al.* (2003), l'imitation fait partie du développement cognitif. C'est un phénomène naturel et enrichissant pour les jeunes enfants. L'imitation faciale est perçue par Meltzoff et Moore (1983) comme particulièrement importante dans le développement de l'enfant. Des études ont en effet démontré que des bébés de 12 à 21 jours pouvaient imiter la protrusion labiale, l'ouverture et la fermeture mandibulaire. Ces mouvements silencieux seraient une imitation exagérée des gestes utilisés pour la production langagière (Kuhl et Meltzoff, 1982).

De Boysson-Bardies (1999) affirme que le nourrisson est extraordinairement sensible à la parole. Il regarde, écoute et suit attentivement les mouvements de la bouche qu'il essaie d'imiter. Elle précise qu'à cinq mois, le bébé repère la correspondance entre les sons perçus et le mouvement des lèvres. Cette aptitude à lier la vision et l'audition est d'une importance capitale dans le développement de la parole. En observant le visage et la bouche de sa mère lorsqu'elle parle, l'enfant renforce ses connaissances des perceptions des sons et de leurs

articulations. Dans un même ordre d'idées, Locke et Pearson (1992) affirment que l'enfant détient deux sources d'informations complémentaires sur les associations articulo-auditive nécessaires pour le développement phonétique. Le fait d'observer l'activité langagière permet à l'enfant d'associer configurations labiales et patrons sonores dans le discours d'autrui. Puis, en participant à la production langagière, il entend les résultats de ses mouvements et apprend ainsi à associer sons et articulations.

Selon Miller et Nicely (1955), les informations concernant le mode de vibration des cordes vocales sont mieux transmises par le canal auditif, alors que celles qui concernent le lieu d'articulation sont mieux transmises par le canal visuel. Par exemple, le trait phonologique du voisement qui permet de distinguer [p] et [b] est non visible. Par contre, la différence de lieu d'articulation entre [b] et [g] est visible, mais plus difficilement audible. La complémentarité entre vision et audition s'explique de la façon suivante : les articulateurs visibles sont plutôt reliés aux hautes fréquences dans le spectre acoustique, donc plus facilement perturbées par le bruit.

Comme le démontrent toutes les études consultées à ce sujet, les sons les plus visibles figurent parmi les plus précoces dans le babillage. Ces derniers seront aussi les premiers que prononceront les enfants sourds.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à ces sons visibles que Fisher (1968) a nommés *visèmes*. Il s'agit de catégories de sons aux corrélats visibles semblables entre eux. Le classement des visèmes varie selon les auteurs, mais selon Mourand-Dornier (1980), les visèmes consonantiques du français sont divisés en quatre classes : [p b m] [f v] [ʃ ʒ] et [s z t d n k g ɲ ʁ].

Mourand-Dornier a retenu les consonnes en position initiale pour procéder à ce classement. Gentil (1981) propose de subdiviser la dernière catégorie de visèmes, mais seulement lorsque ceux-ci se trouvent en position finale. La subdivision est la suivante : [s z], [t d n], [k g ɲ] et [ʁ]. Selon Heider et Heider (1940); Woodward et Lowell (1964); Berger (1972) et Plant (1980), des classes de visèmes vocaliques ne peuvent être établies de la même façon que pour les consonnes. D'après eux, la reconnaissance de visèmes vocaliques

est plus difficile que la reconnaissance de visèmes consonantiques. Ils ont cependant remarqué que les confusions entre visèmes surviennent toujours à l'intérieur des axes ouvert / fermé et arrondi / non-arrondi.

Sur le plan visuel, selon Robert-Ribes *et al.* (1998), la discrimination antérieur / postérieur est presque inexistante. Ils rapportent également plusieurs cas de confusions intra-catégories mais aucune confusion inter-catégories. Toujours sur le plan visuel seulement, parmi les voyelles arrondies, la très grande majorité du temps, [ø] est confondu avec toutes les voyelles arrondies alors que [e] est confondu avec [i]. dans le cas des voyelles non-arrondies en français.

Les personnes atteintes de surdité profonde ne tirent pas toujours le bénéfice escompté des appareils auditifs, elles font donc souvent appel à la lecture labiale. Or, les indices visuels de mouvements articulatoires sont parfois peu fiables, parce que comme nous l'avons vu, plusieurs phonèmes sont visuellement semblables (Owens et Blake, 1985). Comme le soulignent Schwartz *et al.* (2004), la lecture labiale est l'habileté à comprendre *partiellement* le discours.

Nous avons décrit les visèmes et la difficulté à distinguer visuellement des sosies labiaux tels que [p b m], [f v] ou encore [ø u o]. Pour le sourd profond, [pẽ] [bẽ] et [mẽ] ou encore [lu] [du] [tu] [nu] sont indissociables. [ɣi], [si], [isi], [ni] sont aussi très difficiles à lire sur les lèvres.

Afin d'aider la personne sourde, le locuteur doit toujours lui parler de face, sous une bonne lumière et à un rythme ni trop lent, ni trop rapide. Comme le parent d'un enfant sourd a souvent besoin de se faire comprendre rapidement, il a tendance à simplifier la langue à l'excès : un vocabulaire réduit, des verbes non-conjugués, des phrases courtes dépourvues de prépositions, conjonctions, etc. (Branchi, 1996).

Plusieurs personnes sourdes et particulièrement les enfants qui reçoivent un implant cochléaire font appel au L.P.C. (Langage Parlé Complété). Celui-ci, contrairement à la langue signée, n'est pas un système linguistique à part entière avec sa propre grammaire. Il ne fait

que compléter par des codes gestuels la langue orale en permettant de visualiser tous les sons, donnant ainsi accès à une langue plus riche. Précisons que L.P.C. et langue signée ne sont pas compatibles. Voir à ce propos <http://surdite.lsf.free.fr/LPC.htm>.

Intéressons-nous maintenant à la perception auditive dont le rôle dans l'acquisition de la parole est plus important que celui de la vision. Les enfants que nous avons retenus dans le cadre de la présente étude ont été privés d'information auditive pendant les premières années de leur vie; nous verrons plus loin les conséquences que cela induit sur leur développement de la parole.

2.2 La perception auditive

Cette partie traitera de la perception auditive. Dans un premier temps, nous décrirons l'anatomie de l'oreille et en préciserons le fonctionnement. Puis, nous insisterons sur l'importance de la perception auditive dans l'acquisition de la parole. Puisque notre expérience auditive débute avant même notre naissance, elle aura une influence sur le langage. Nous soulignerons également l'importance de s'entendre soi-même. Il nous paraît important de bien saisir l'importance de la perception auditive avant d'aborder, au cours du chapitre suivant, le développement de la parole chez l'enfant sourd.

2.2.1 Description du système auditif

2.2.1.1 Oreille externe

L'oreille externe comprend le pavillon (a) et le conduit auditif (b)

L'oreille externe constitue la partie visible de l'oreille. Elle joue un rôle passif dans le processus de l'audition. Elle est composée du pavillon et du conduit auditif qui est fermé à l'une de ses extrémités par une membrane élastique et recouvert d'un tissu muqueux dans lequel se trouvent les glandes sécrétrices du cérumen. Le pavillon, essentiellement formé de cartilage recouvert de peau, a la forme d'un cornet. Il sert à collecter les sons (ondes sonores). Ces dernières parcourent le conduit auditif jusqu'à la membrane du tympan. Celui-ci se met alors à osciller sous l'effet des fluctuations de pression provoquées par les ondes acoustiques.

2.2.1.2 Oreille moyenne

L'oreille moyenne comprend le tympan (c), les osselets, le marteau (e), l'enclume (f) et l'étrier (d), ainsi que la fenêtre ovale (g) et la fenêtre ronde (h). L'oreille moyenne communique avec les fosses nasales via la trompe d'Eustache (i).

L'oreille moyenne, cavité aussi appelée « caisse du tympan », est la partie située entre le conduit auditif et l'oreille interne. Elle protège l'oreille interne et transforme les vibrations aériennes provenant de l'oreille externe en vibrations solidiennes (mécaniques) pouvant être analysées par l'oreille interne. Entre le tympan (c) et la fenêtre ovale (g) se trouve la chaîne des osselets composée du marteau (e), l'enclume (f) et l'étrier (d). La transformation et l'amplification des vibrations aériennes en vibrations solidiennes est rendue possible grâce aux osselets. En effet, les vibrations du tympan entraînent successivement celles du bloc marteau-enclume, puis celles de l'étrier qui les transmet à l'oreille interne par l'intermédiaire de la fenêtre ovale.

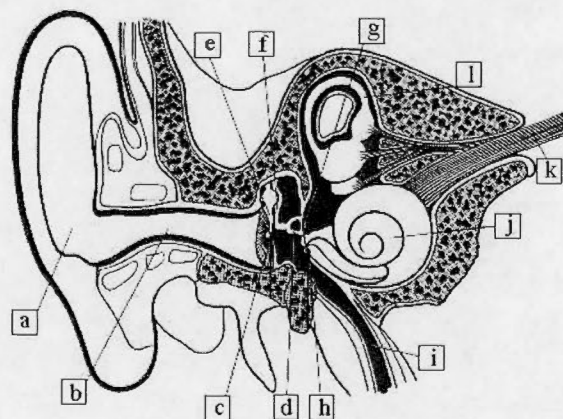


Figure 2.1 Anatomie de l'oreille. (Tirée de Seven Mice, 2006)

2.2.1.3 Oreille interne

Quant à l'oreille interne, elle contient la cochlée (j) ainsi que les canaux semi-circulaires (l). Le nerf auditif (k) est chargé de transmettre l'information sonore au cerveau.

L'oreille interne ou labyrinthe est constitué de plusieurs cavités communiquant entre elles : le vestibule, les canaux semi-circulaires (l) et la cochlée (j). La cochlée abrite le conduit cochléaire contenant l'organe de Corti, récepteur de l'audition. Les cellules réceptrices ciliées sont reliées au nerf cochléaire qui dirige les informations jusqu'à l'aire auditive dans le cortex cérébral (Sources : Buser et Saunders, 1987; Paparella *et al.*, 1993 ; Goud, 2004).

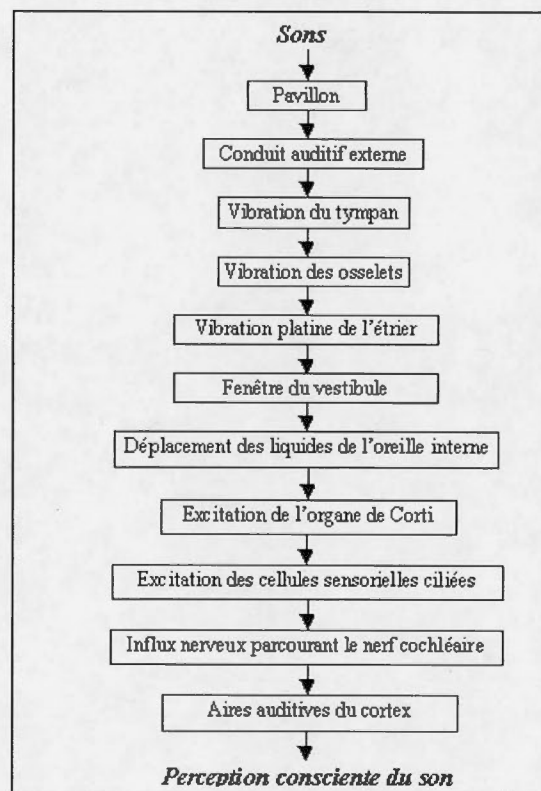


Figure 2.2 Transmission des sons. (Tirée de Krupka, 2006)

2.2.2 La cochlée

La membrane basilaire comprend une partie osseuse dans laquelle se trouve le ganglion spiral de Corti ainsi qu'une partie souple renfermant des fibres élastiques transversales. La largeur de la bande souple et, par suite, la longueur des fibres qu'elle contient, s'accroît régulièrement de la base au sommet du limaçon. L'organe de Corti consiste en une bande sensorielle hélicoïdale, constituée de cellules en rapport avec des neurones. Les corps cellulaires de ces dernières sont situés dans le ganglion spiral de Corti et les axones (cellules nerveuses) se regroupent en formant le nerf cochléaire. L'impulsion mécanique des osselets de l'oreille moyenne est transmise par la fenêtre ovale vers la cochlée, en passant par la membrane basilaire, jusqu'à l'organe de Corti où le signal mécanique est converti en impulsions nerveuses envoyées vers le cerveau (Sources : <http://www.medecine-et-sante.com/anatoreille.html>; <http://www.lli.ulaval.ca/labo2256/lexique/cochlee.html>).

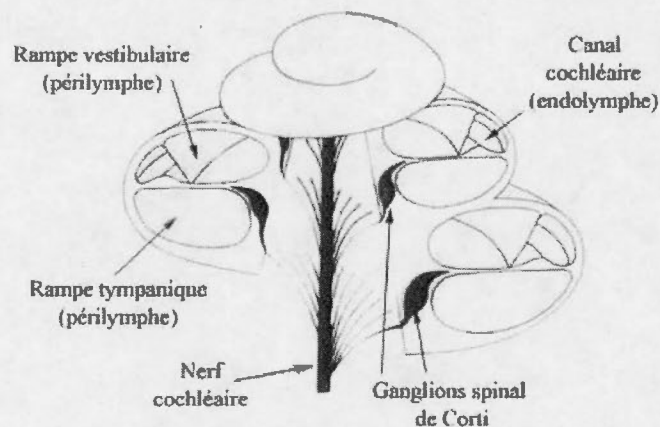


Figure 2.3 Schéma de la cochlée. (Tirée de Seven Mice, 2006)

2.2.3 Perception auditive et développement de la parole

2.2.3.1 In utero

Le système auditif du fœtus serait fonctionnel dès la 25^e semaine de gestation et son niveau d'audition serait proche de celui des adultes vers la 35^e semaine (de Boysson-Bardies, 1999). Des études ont démontré qu'au dernier trimestre de la grossesse, le fœtus réagit aux stimuli sonores, particulièrement à la voix humaine, et apprend à les reconnaître (Le Normand et Berger, 2003; Locke, 1997). Le fœtus entend la voix de sa mère qui lui devient familière et il la reconnaît dès la naissance (de Boysson-Bardies, 1999). C'est en étudiant son rythme cardiaque que les chercheurs se sont rendu compte que le fœtus réagissait à différents stimuli sonores. En effet, lorsqu'un stimulus lui est présenté, le rythme cardiaque du fœtus s'accélère, puis ralentit après quelques secondes, lorsqu'il s'y est habitué. Si un stimulus différent lui est présenté, son rythme cardiaque s'accélère à nouveau et ainsi de suite (Clément, 2004; de Boysson-Bardies, 1999). L'effet de stimulation vocale sur le développement du cerveau commencerait donc à ce stade. Mentionnons qu'entre 36-40 semaines, le fœtus serait même capable de discriminer /babi/ et /biba/ (Locke et Pearson, 1992).

2.2.3.2 Ex utero

Dès la naissance, le bébé présente la capacité de discriminer un large éventail de contrastes consonantiques et vocaliques, y compris ceux qui n'appartiennent pas à la langue cible. De plus, le bébé fait preuve très rapidement de « constance perceptive ». En d'autres termes, il est capable de reconnaître les sons appartenant à une même catégorie phonétique en dépit de leurs variations physiques (de Boysson-Bardies, 1999). Jusqu'à 6 mois, le bébé peut discriminer tous les contrastes de n'importe quelle langue du monde. Un enfant anglophone, par exemple, peut distinguer les sons de l'espagnol et du mandarin, du salish et du hindi. Il est donc tout à fait apte à discriminer [ta] et [ʈa], un contraste appartenant à la langue hindi.

L'enfant japonais peut distinguer [l] et [r] alors que l'adulte ne les distingue plus. En effet, cette capacité s'estompe graduellement et à 12 mois elle est très amoindrie (Kuhl, 1993; Kuhl, 2004; Kuhl et Melzoff, 1996).

À 6 mois, le bébé démontre une préférence pour sa langue maternelle. Les enfants anglophones ont la tête tournée plus longtemps vers un locuteur prononçant des mots en anglais. De la même façon, les bébés néerlandophones auront la tête tournée plus souvent et plus longtemps vers le locuteur s'exprimant avec des mots néerlandais. À cet âge, ils ne reconnaissent pas les mots comme tels, mais plutôt les patrons perceptuels propres à leur langue (Kuhl, 2000). Il est intéressant de constater que cette préférence pour la langue maternelle disparaît si la prosodie en est altérée. La prosodie joue donc un rôle important dans la reconnaissance de la langue maternelle durant la première année de vie (Kuhl et Meltzoff, 1996).

Entre 6 et 9 mois, le bébé reconnaît les catégories propres à sa langue maternelle. Le bébé français, par exemple, parvient à distinguer le /i/ français du /i/ suédois qui est davantage centralisé, noté [i] (Kuhl, 1993). Il peut également reconnaître les mêmes syllabes prononcées par différents locuteurs (Juscyk, 2002; Eisenberg, 2003). D'ailleurs, si les enfants étaient incapables de reconnaître les sons produits par différents locuteurs, ils ne pourraient établir de liens entre leurs productions et celles des autres, ce qui rendrait l'apprentissage impossible (Kuhl et Meltzoff, 1996).

Entre 6 et 9 mois toujours, le bébé développe sa sensibilité pour reconnaître les frontières de mots. Ceci est assez complexe, puisque les mots s'enchaînent rapidement et seulement 9% du discours que le bébé entend consiste en des mots isolés (Juscyk, 2002).

À 9 mois, le bébé sait quels sons et quelles séquences de sons peuvent apparaître dans sa langue maternelle. Il sait reconnaître les patrons relatifs à l'ordre « légal » de phonèmes de sa langue. Le bébé anglophone sait que des combinaisons telles que « zw » ou « vl », qui sont possibles en néerlandais, ne le sont pas en anglais. Il reconnaît aussi les caractéristiques rythmiques de sa langue (Kuhl, 2000)². Le bébé anglophone de 9 mois saisit par exemple, que dans un mot constitué de 2 syllabes, l'accent sera sur la première syllabe (Juscyk, 2002). De plus, Kuhl (2000) remarque qu'à cet âge, les bébés anglophones sont d'ailleurs plus attentifs à la première syllabe.

² Pour en savoir plus sur au sujet de la prosodie, consulter Vihman (1996).

2.2.4 Perception auditive et production

Le feedback auditif est essentiel pour le développement de la parole. Lorsqu'ils apprennent à parler, les enfants prennent modèle sur les productions d'autrui par le biais du feedback auditif (Waldstein, 1990).

Perkell *et al.* (2004) ont noté d'étroites relations entre perception de la parole et production de la parole. Ils ont remarqué que les locuteurs qui distinguent bien les voyelles comportant des différences acoustiques subtiles vont produire des voyelles plus contrastées les unes par rapport aux autres. De la même façon, ceux qui perçoivent moins bien les différences entre les voyelles en produiront de moins précises.

2.2.4.1 L'importance de s'entendre soi-même

Avant d'aborder le développement de la parole chez l'enfant sourd, il est important de saisir l'importance de s'entendre soi-même. S'entendre soi-même pour apprendre à parler est tout aussi important que ne l'est la vision et même davantage, puisque les aveugles apprennent à parler plus rapidement et plus facilement que les sourds. Comme nous l'avons déjà rapporté, le fœtus *in utero* perçoit les stimuli sonores et peut distinguer les syllabes inversées /babi/ /biba/. *Ex utero*, le développement se poursuit et le bébé a désormais la possibilité de s'entendre lui-même. Baddeley (1995) insiste sur le fait que le bébé a tout intérêt à porter attention aux sons qui lui proviennent de l'extérieur, mais également à ses propres articulations, aux sons qu'elles provoquent, aux sons qu'il produit intentionnellement et à ceux qui en émergent en tant que sous-produits. Dans le même ordre d'idées, Locke et Pearson (1992) affirment que le fait d'entendre ses propres articulations facilite le développement vocal. Ils ajoutent qu'entendre ses propres articulations est important pour la formation d'un « système de guidage phonétique » (p. 120). Callan (1998) suppose que de s'entendre soi-même lors du babillage permet d'établir des liens entre articulation et audition. Ces liens sont nécessaires pour le développement des productions spécifiques à la langue cible. Kuhl et Meltzoff (1996) soulignent également l'importance de s'entendre soi-même et d'entendre les autres. Ils ajoutent que l'imitation des voyelles implique que l'enfant comprenne la relation entre les mouvements articulatoires et les sons.

En somme, l'entraînement auditif commence avant la naissance. Dès la naissance, le bébé reconnaît la voix maternelle et est capable de discriminer des phonèmes très semblables sur le plan acoustique. De plus, à l'âge de 6 mois, l'enfant reconnaît la langue cible et il peut différencier les sons de n'importe quelle langue. À 9 mois, il reconnaît les mêmes syllabes prononcées par différents locuteurs, il saisit le rythme de la langue cible et sait quelles séquences de sons peuvent et ne peuvent pas apparaître dans sa langue. Enfin, la possibilité de s'entendre soi-même facilite le développement vocal et permet d'établir des liens entre articulation et audition.

Nous avons insisté sur l'importance de la vision qui améliore la perception de la parole et permet au nourrisson d'imiter les mouvements de la bouche. Nous avons également mentionné ses limites en lecture labiale. Nous avons décrit aussi le rôle prépondérant de l'audition pour apprendre à parler. Dans la prochaine partie il sera question du développement de la parole chez l'enfant normo-entendant.

2.3 Développement de la parole chez l'enfant normo-entendant

Dans cette partie, nous allons tenter de caractériser chacune des étapes de l'acquisition de la parole chez l'enfant normo-entendant. Cette entreprise nous permettra ultérieurement de comparer le développement de la parole chez l'enfant entendant et chez l'enfant sourd.

« Pour parler il est nécessaire de maîtriser un appareil vocal aux caractéristiques particulières. Il faut contrôler les mouvements du larynx, de la glotte, du voile du palais, de la mâchoire, des lèvres et de la langue. » (de Boysson-Bardies, 1999 : 25)

Chez les nouveau-nés, la forme du conduit vocal ressemble davantage à celle des primates non-humains. Le conduit vocal de l'enfant est plus court que celui de l'adulte, il présente une courbure graduelle plutôt qu'à angle droit, sa cavité pharyngale est plus courte par rapport à sa cavité buccale, son larynx est en position élevée, la masse de sa langue est plus antérieure et il y a contact entre le vélopharynx et l'épiglotte (Kent et Murray, 1982).



Figure 2.4 Coupe sagittale du conduit vocal d'un nouveau-né. (Reproduction et traduction de Kent 1997 : 152, adapté par Ménard 2002)

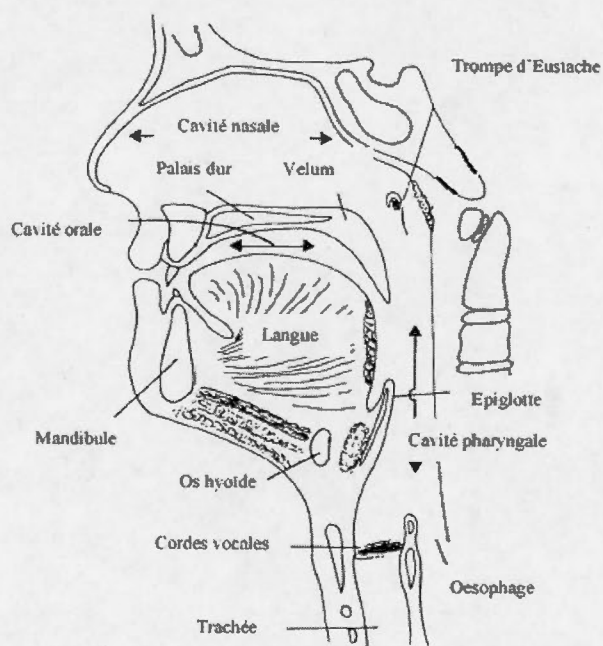


Figure 2.5 Coupe sagittale du conduit vocal d'un homme. (Reproduction et traduction de Kent 1997 : 142 adapté par Ménard 2002)

Du larynx jusqu'aux lèvres, la longueur totale du conduit vocal du nouveau-né est de 8 cm alors que celui de l'homme adulte est de 17 cm (Ménard et Boë, 2004). Le développement du conduit vocal se fait par « poussées de croissance » rapides qui ont lieu durant les cinq premières années de vie et à la puberté (Beck, 1997). Selon (Buhr, 1980), les « conséquences » dues à la physiologie du conduit de vocal de l'enfant sont, par exemple, que la position élevée du larynx rend difficile aux enfants la production de /u/. De plus, le jeune enfant ne peut produire que des voyelles ayant des fréquences formantiques correspondant aux fréquences de résonance que son conduit vocal lui autorise. Les fréquences de résonance de cavités étant inversement proportionnelles à leur longueur, les productions vocaliques de l'enfant sont donc composées de fréquences plus élevées (Buhr, 1980). À ce stade, le trapèze vocalique de l'enfant n'est pas aussi étendu que celui de l'adulte (Buhr, 1980; Liebermann, 1980).

Graduellement, le conduit vocal s'allonge, le développement musculaire de la langue facilite la mobilité dans l'axe antéro-postérieur (Kent et Murray, 1982), les lèvres se modifient en largeur et en hauteur et sont capables de projection et de resserrement (Kent, 1997). Avec le temps, grâce à un contrôle de plus en plus fin des articulateurs, on observe une expansion graduelle des formants et les productions de voyelles qui étaient surtout centrales, mi-ouvertes et ouvertes deviennent plus variées et se répartissent dans l'ensemble du trapèze vocalique (Buhr, 1980; Kent et Murray, 1982). Précisons que le contrôle moteur n'atteint sa maturité que vers la fin de la première décennie de vie (Kent, 1976).

Selon Boë et Maeda (1997), n'eût été son manque de contrôle sensori-moteur, sur la base de sa physiologie, un nouveau-né serait capable de produire les mêmes voyelles que ses parents. En effet, le développement du contrôle moteur joue aussi un rôle capital dans le développement de la parole. Green *et al.* (2000) divisent le développement du contrôle moteur en trois étapes :

- **Différenciation** : Cette étape consiste en des modifications d'un comportement existant vers des mouvements plus complexes et spécialisés. Elle permet au jeune enfant d'acquérir progressivement le contrôle indépendant des articulateurs du conduit vocal.

- **Intégration** : De nouveaux comportements moteurs sont intégrés à ceux déjà en place. Les structures motrices se développent de façon séquentielle et sont coordonnées aux habiletés préexistantes.
- **Raffinement** : Le patron mature est alors atteint, mais il se raffine.

Vers cinq mois, on peut parler d'un certain contrôle de la parole puisque l'enfant peut désormais moduler davantage la durée, la hauteur et l'intensité de ses productions vocales. La fréquence fondamentale se situe alors autour de 450 Hz. Vers la fin du 6^e mois, le bébé serait capable de coordonner des ajustements phonatoires supraglottaux (de Boysson-Bardies, 1999).

Au stade du babillage canonique, le seul contrôle cyclique de l'oscillation de la mandibule permet à l'enfant de produire des séquences d'ouverture et de fermeture sans contrôle des articulateurs langue et lèvres (MacNeilage et Davis, 1990).

La langue acquiert d'abord le mouvement antéro-postérieur, vient ensuite le contrôle du vélum et celui des lèvres. La production tardive du /u/ dont nous avons déjà fait mention peut être reliée à l'absence de contrôle indépendant de l'*orbicularis oris*, le muscle nécessaire au geste de protrusion labiale, mais aussi à l'absence de coordination entre les lèvres, la langue et la mâchoire (Ménard, 2002).

2.3.1 Vocalisations

Les vocalisations sont les tout premiers sons produits par les nouveau-nés. Elles seraient influencées par le langage ambiant, donc le nombre de vocalisations similaires aux sons du langage ambiant augmenterait au cours de la première année (Oller *et al.*, 1985). Kuhl et Meltzoff (1996) divisent le développement des vocalisations en trois étapes :

Phonation « involontaire » (0-2 mois). Cette étape est caractérisée par des sons végétatifs et involontaires comme les pleurs, la toux, les éternuements.

Gazouillements (1-4 mois). À ce stade, le bébé produit des sons qui ressemblent à des voyelles.

Expansion (3-8 mois). Le bébé produit désormais des voyelles claires et une vaste étendue de nouveaux sons (Voir tableau 2.1 pour une synthèse).

Selon Levitt et Aydelott Utman (1992), chacune de ces étapes se superpose à la précédente, c'est-à-dire que le bébé ne délaisse jamais complètement l'étape précédente. Oller *et al.* (1976) ainsi que Vihman *et al.*, (1985) ont observé des tendances phonétiques très tôt dans les vocalisations durant la première année de vie. Lalevée et Vilain (2004) ont remarqué, quant à eux, une large proportion de nasales dans les vocalisations.

2.3.2 Babillage canonique

Tous les auteurs dont nous nous sommes inspirée s'entendent pour situer le début du babillage canonique entre 6 et 10 mois. Selon Vihman *et al.* (1985), les premières manifestations du babillage résulteraient de l'évolution des vocalisations en « *vocalisations babillées* ». Le bébé est alors capable de coordonner les gestes glottiques et supra-glottiques à l'intérieur d'une unité rythmique, ce qui constitue la structure de base de la communication humaine (Lalevée et Vilain, 2004). Ce babillage canonique est caractérisé par une séquence CV telle que [pa] [ba] [ma] et ponctué par un *timing* correspondant à celui des adultes. Ce babillage marque une étape importante en fournissant un cadre à l'enfant (Stoël-Gammon, 1989; Vihman *et al.*, 1985; Oller *et al.*, 1976). Les consonnes en début de syllabe sont le plus souvent des occlusives ou des nasales.

Il s'agit généralement de [p] [b] [t] ou [m] suivi des voyelles [a] [ae] ou [Λ] (de Boysson-Bardies, 1999). Ces séquences constitueraient la base d'un babillage « international ».

Mac Neilage et Davis (1990) affirment que, pour la première fois, les vocalisations de l'enfant ont une qualité qui se rapproche vraiment de la parole et dont l'événement dominant est l'oscillation rythmique entre les deux configurations extrêmes : ouverte et fermée. Le babillage canonique est perçu par plusieurs chercheurs comme la manifestation vocale d'une tendance générale pour les mouvements rythmiques (mouvements répétés des doigts, membres, nuque et tronc) qui apparaissent tous au même moment (Kent, 1993; Kent et

Murray, 1982; Koopmans-van Beinum *et al.*, 2001). Mentionnons que le babillage canonique est identique chez les filles et les garçons.

Selon Jakobson (1941), le babillage et l'apparition des premiers mots sont deux phénomènes distincts. Il affirme que les sons du babillage sont émis au hasard, qu'ils diffèrent complètement de ceux de la langue cible et sont sans relation avec le développement de la parole proprement dit. Pour appuyer son hypothèse, il mentionne la pauvreté en matière de voyelles dans les premières manifestations linguistiques par rapport à la richesse de voyelles dans le babillage. Il a même suggéré une période de silence chez le bébé entre le babillage et l'apparition des premiers mots. Or, Cruttenden (1970) conclut, après avoir comparé le babillage et les premiers sons du langage de ses enfants, que le répertoire des sons du babillage est orienté vers la langue cible. Une étude de Levitt et Aydelott Utman (1992) suggère une évidence indéniable de continuité entre le babillage et le discours, ainsi que l'importance de la maturité physiologique dans la croissance du répertoire des sons. Stoël-Gammon (1989) rapporte des syllabes phonétiquement similaires aux premiers mots prononcés par les enfants. De Boysson-Bardies *et al.*, (1981) ont également rapporté qu'à 18 mois, les enfants français produisent des fricatives et des voyelles nasales qui, en termes de fréquence, sont représentatives du discours de l'adulte français. Ils ont remarqué des patrons de babillage distincts chez des enfants de différentes communautés linguistiques. Par exemple, les enfants français et anglais produiraient davantage de voyelles diffuses (dont les valeurs de formants F1 et F2 sont éloignées), les enfants cantonnais produiraient plus de voyelles compactes (dont les valeurs de formants F1 et F2 sont rapprochées) et les enfants algériens plus de voyelles centrales.

Ils ont aussi démontré dans une étude, que des adultes français étaient capables de distinguer le babillage d'enfants français de celui d'enfants non-français, un autre indice que le babillage est orienté vers la langue cible. Il apparaît donc évident que les patrons d'organisation de la parole prennent forme durant la période du babillage et qu'il y a continuité en termes de développement phonétique entre le babillage et les premiers mots (Blake et de Boysson-Bardies, 1992). Ces observations vont donc à l'encontre de la théorie de Jakobson (1941).

Il existe deux types de babillage : répété et varié. En effet, comme le rapportent Oller et Eilers (1988), le babillage canonique se complexifie avec l'âge, passant de répété à varié. Le babillage répété consiste en une répétition de syllabes identiques telles que [bababa] ou [dadada] (de Boysson-Bardies, 1999). Certaines voyelles sont absentes du babillage canonique vers 6-7 mois. De nombreuses études ont attribué cette absence aux contraintes anatomiques et motrices (Ménard et Boë, 2004). Vers 9-10 mois apparaît le babillage varié où l'on commence à reconnaître des mots ou protomots (de Boysson-Bardies, 1999). Les enfants de toutes les communautés linguistiques produisent des syllabes où les séquences CV prédominent. De manière générale, on remarque une préférence pour les consonnes occlusives, nasales et les semi-consonnes. On observe toutefois des préférences individuelles dans le choix des consonnes, même au sein d'une communauté linguistique donnée (Stoël-Gammon, 1989). Ces préférences individuelles se reflèteront dans la production des premiers mots (Vihman *et al.*, 1985).

2.3.3 Acquisition des voyelles

Les premières voyelles produites avec une certaine précision sont généralement [i] et [a], alors que [ɪ] et [ɛ] (en anglais) sont parmi les dernières (Stoël-Gammon, 1992). Le fait que certaines voyelles sont acquises plus tôt et d'autres plus tard peut être attribué à des facteurs articulatoires et acoustiques (Kent, 1992). En ce qui a trait à l'articulation, [i] et [a] sont des voyelles cardinales avec une hauteur de la langue et un avancement de celle-ci distincts. Autrement dit, ces deux voyelles ont des points d'ancrage précis à l'intérieur de la cavité orale. Acoustiquement, [i] et [a] sont produits avec des résonances du conduit vocal distinctes telles que reflétées dans les formants F1 et F2. De plus, ces deux voyelles tendues ont une durée relativement longue. D'ailleurs, la majorité des voyelles acquises tôt ont une durée relativement longue (Shriberg et Kent, 1995). Ces caractéristiques articulatoires et acoustiques expliquent le fait que [i] et [a] puissent être maîtrisées tôt. Par contre, avec des points d'ancrage articulatoires moins précis et des différences acoustiques subtiles (des chevauchements de F1 et F2) ainsi qu'une plus courte durée [ɪ] et [ɛ] sont plus difficiles à maîtriser (Selby *et al.*, 2000; Bleile, 1989). Par contre, Buhr (1980) classe [ɛ] parmi les

premières voyelles acquises ce qui, selon lui, est attribuable à un contrôle de la mâchoire développé tôt. Selby *et al.* (2000), divise en trois étapes l'ordre d'acquisition des voyelles en anglais :

[i, u, o, a, ʌ]

[æ, ʊ, ɔ, ə]

[ɪ, e, ɛ]

2.3.4 Acquisition des consonnes

Les premières consonnes acquises seront celles qui sont les plus *visibles*, c'est-à-dire les labiales [p b m]. Suivront les fricatives, coronales, dorsales, les semi-consonnes et les affriquées (Ertmer et Mellon, 2001; Blamey *et al.*, 2001b). Les enfants anglophones produisent un grand nombre de coronales, très présentes dans le langage ambiant (Davis et MacNeilage, 1995).

2.3.5 Autres caractéristiques

Les catégories de voyelles commencent à s'organiser dans l'espace vocalique entre l'âge de 10 et 12 mois (Kuhl et Meltzoff, 1996). Vers 10-12 mois, de Boysson-Bardies (1999) note une articulation plus nette et plus assurée ainsi que des suites de syllabes variées plus nombreuses. C'est à ce même âge qu'elle situe l'étape où les enfants de différentes communautés linguistiques commencent à démontrer des différences dans leurs vocalisations.

Mentionnons au passage que les tours de parole ou « turn-taking » (chacun son tour) débutent vers l'âge de 3 mois. Ils se manifestent par un échange de vocalisations où la mère et l'enfant se répondent en vocalisant chacun à leur tour. Au même moment, vers 9 ou 10 mois, il semblerait que l'enfant commence à s'exprimer avec un but (Lock, 1983).

Entre le 11^e et le 14^e mois, les premiers mots se font entendre. À 18 mois, le vocabulaire compte environ 50 mots. À cet âge, le babillage proprement dit se fait de plus en plus rare (Stoël-Gammon, 1989). L'acquisition de la grammaire a lieu entre le 20^e et le 37^e mois et la maîtrise des règles syntaxiques, vers l'âge de 3 ans (Le Normand et Berger, 2003).

Tableau 2.1

Productions typiques chez les enfants de toutes communautés linguistiques confondues en ordre d'acquisition. (de Boysson-Bardies, 1999)

0 à 6 mois	Vocalisations	[aaaaaa]
		[a?a?a?]
		[aw:a] [abwa] [am:am]
		[ai] [ei] [ae]
6 à 12 mois	Babillage canonique (Séquences CV)	[pa] [ba] [ma] [ta] [da]
		[pae] [bae] [mae] [tae] [dae]
		[pΛ] [bΛ] [mΛ] [tΛ] [dΛ]
10-12 mois	Babillage varié Apparition de protomots et de mots	[apabujeajeojapabuje]
		(par exemple)

Comme nous l'avons vu, l'acquisition de la parole se fait en plusieurs étapes. D'abord, les vocalisations, premières manifestations sonores influencées par le langage ambiant et par ce que son conduit vocal et ses fonctions motrices encore peu développés lui permettent de produire. Puis survient le babillage canonique composé de séquences CV et dont l'événement dominant consiste en l'oscillation rythmique entre les deux configurations extrêmes : ouverte

et fermée. Pour la première fois, les manifestations sonores du bébé se rapprochent de la parole. Pendant ce temps, le conduit vocal subit des « poussées de croissance » et le contrôle moteur poursuit son développement pour atteindre sa maturité vers la dixième année de vie. Après le stade du babillage l'enfant prononce ses premiers mots pour ensuite intégrer la grammaire et les règles syntaxiques vers l'âge de trois ans. Nous verrons dans la prochaine partie que, si les stades d'acquisition sont similaires pour tous les enfants, qu'ils soient entendants ou non, on peut observer un retard chez ces derniers.

2.4 Développement de la parole chez l'enfant sourd

Nous venons de voir les étapes du développement langagier chez l'enfant normo-entendant tant au plan de la perception que de la production. Analysons maintenant les différences développementales induites par la surdité.

Tout d'abord, il paraît nécessaire de rappeler l'importance capitale de l'audition. Privé des informations transmises par le langage environnant qui lui auraient permis le traitement des sons avant la naissance, l'enfant sourd aura des difficultés à traiter le langage de manière active et spontanée (Le Normand et Berger, 2003). L'audition est essentielle chez l'enfant, que ce soit pour l'acquisition de la parole, son développement cognitif ou sa socialisation (Calmels *et al.* 2003).

Toutes les études menées sur le sujet démontrent effectivement que les productions d'enfants et d'adultes sourds sont différentes de celles des sujets entendants, à différents degrés. Cette observation est loin d'être surprenante, puisque le discours normal requiert de l'information auditive (Monsen, 1974).

De plus, si le système phonologique de la langue cible a une influence notable sur la production des segments dès la fin de la première année, on peut supposer que le manque d'informations auditives influencera les productions de l'enfant sourd (Clément, 2004). Pour un développement de la parole optimal, l'enfant doit être autant que possible exposé au langage et encouragé à communiquer. L'absence de contacts sociaux a un impact sévère et dévastateur sur l'acquisition de la parole (Kuhl, 2004; Paparella *et al.*, 1993). Ce fait reste valable pour l'apprentissage de la langue signée.

Avant de poursuivre, il est important de garder en mémoire que jamais deux personnes, qu'elles soient sourdes ou non, ne produisent un langage qui soit exactement le même. De ce fait, aucune description d'un groupe ciblé ne sera parfaite et exhaustive (Nickerson, 1975). De plus, comme le mentionne Clément (2004), les études portant sur le développement de la parole chez l'enfant sourd sont souvent contradictoires. Le fait qu'une échelle audiométrique n'avait pas encore été établie au moment où plusieurs de ces recherches ont été menées peut expliquer en partie la variabilité observée. Nous n'avons toutefois retenu, pour cette partie, que les faits les plus fréquemment mentionnés.

Examinons maintenant chacune des étapes du développement.

2.4.1 Vocalisations

D'après Oller *et al.*, (1985), les bébés sourds vocaliseraient autant que les bébés normo-entendants. Selon Locke et Pearson (1992), ils vocaliseraient même davantage. On peut donc supposer que les vocalisations seraient indépendantes de l'*input* auditif. Locke et Pearson (1992) affirment que : « (...) there are indications that deaf infants may vocalize more than normally hearing infants, and perhaps that auditory deprived humans do expend extra effort to get auditory stimulation ». (p.105)

Cependant, le nombre de vocalisations similaires aux sons du langage ambiant n'augmenterait pas au cours de la première année comme c'est le cas chez les bébés entendants (Oller *et al.*, 1985). De plus, les vocalisations fréquentes des enfants sourds « déguisent » leur surdité, si bien que cela peut prendre jusqu'à un an, parfois même un peu plus avant que leur entourage ne s'en aperçoive, surtout si aucun membre de la famille n'est atteint de surdité (Koopmans-van Beinum *et al.*, 2001). Même si le bébé sourd vocalise beaucoup, des grandes différences dans ses vocalisations par rapport à celles des bébés entendants ont été observées par Koopmans-van Beinum *et al.* (2001), Clément (2004) et Kuhl et Meltzoff (1996). Ces différences concernent le nombre de productions, la durée, le lieu et le mode d'articulation.

2.4.2 Babillage

Selon Locke et Pearson (1992), les patrons du babillage sont assez robustes pour survivre à la surdité et aux dommages dûs à la néonatalité. Ils ajoutent que les enfants atteints de surdité babillent moins la première année de leur vie, ou plutôt, ils produisent moins de syllabes canoniques que les enfants normo-entendants du même âge.

Selon de Boysson-Bardies (1999), jusqu'à l'âge de 5 ou 6 ans, le bébé sourd congénital vocalise de la même façon que le bébé entendant; la rupture aurait lieu au moment du babillage. D'après ses recherches, le bébé sourd ne babille pas, il ne commence pas à produire des syllabes ou suites de syllabes à l'âge où le font ses pairs normo-entendants c'est-à-dire, vers les 7 mois. Au contraire, à partir de cet âge, les vocalisations du bébé sourd tendraient à diminuer et ce n'est que vers un an qu'il produirait un babillage composé surtout de syllabes labiales comme [ba] ou [ma] qu'il peut en fait *voir* prononcer. Quant au babillage, il serait retardé et composé principalement de sons visibles. De plus, lorsque celui-ci apparaît, les productions diffèrent dans leur organisation temporelle.

L'étude de Koopmans-van Beinum *et al.*, (2001) démontre que les enfants sourds suivent le même ordre de développement langagier que les normo-entendants. Ils commenceraient à babiller au même moment en ce qui concerne les deux systèmes de production impliqués dans le discours : système phonatoire et système articulatoire. Ce développement semble être, d'après les auteurs, physiologiquement et neurologiquement gouverné. Des séries de mouvements dans l'un des deux systèmes de production (le système phonatoire) sont présents chez les enfants sourds au moment où leurs pairs entendants commencent à produire le babillage répété : mouvements répétitifs impliquant le système phonatoire et le système articulatoire en même temps. La différence entre sourds et entendants survient quand la coordination des deux systèmes est nécessaire.

Pour l'enfant sourd qui grandit dans un milieu où l'on s'exprime en langue signée, la forme de langage et les modalités sensorielles reçues seront radicalement différentes. Or, l'accès au langage se fait selon des étapes comparables à celles d'enfants entendants. L'enfant sourd babillera manuellement vers 8 mois, babillage consistant en des mouvements rythmiques d'ouverture et de fermeture et en des configurations particulières de la main. Les

gestes sont effectués dans un espace circonscrit et dans des circonstances particulières se rattachant, de façon claire, aux gestes utilisés dans la langue signée. Des comparaisons systématiques avec la gestuelle des entendants en ont confirmé la spécificité de manière significative (de Boysson-Bardies, 1999; Kuhl, 2004).

Les tours de parole ont été observés chez le bébé sourd au même âge que chez le bébé entendant, vers 3 mois. Ce qui est surprenant, c'est qu'il se produit de manière identique : le bébé commence à vocaliser dès que l'adulte s'interrompt. Ce phénomène indique qu'il est déclenché par des composants physiques certes, mais que la vision joue aussi un rôle : le fait de voir les mouvements de la bouche et les échanges de regards sont des indices pour les tours de parole (de Boysson-Bardies, 1999).

Avant d'aborder la description des premières productions de l'enfant avec intention de communiquer, rapportons cette observation de De Villiers (2002). Il a remarqué un développement socio-cognitif plus lent chez les enfants sourds de 4 à 8 ans. Il en conclut qu'un développement du langage retardé peut avoir une influence sur le développement cognitif.

2.4.3 Acquisition des voyelles

Les premières voyelles acquises sont généralement des voyelles centralisées. Dans un contexte d'imitation, les plus clairement produites sont [a], [u] et [ɔ]. L'habileté à imiter les voyelles ne signifie pas pour autant qu'elles vont être aussi précises en situation spontanée (Tye-Murray et Kirk, 1993). Selon Geffner (1980), ce seraient [u], [i] et [æ] qui seraient les plus intelligibles (en anglais) en situation spontanée.

En anglais, la majorité des erreurs concernant les productions de voyelles sont les omissions, les substitutions dans la production de diphtongues, les neutralisations et confusions entre tendues et relâchées comme [i] et [ɪ] (Ertmer *et al.*, 1997; Geffner, 1980; Monsen, 1974; Osberger, 1987). Le contraste de durée entre les tendues, plus longues en anglais [i], et les relâchées, moins longues [ɪ], n'est pas respecté (Waldstein, 1990; Nickerson, 1975). Chez les sourds, la durée des voyelles est plus longue (Okalidou et Harris, 1999;

Waldstein, 1990), mais en général, les voyelles seraient produites avec plus de précision que les consonnes (Geffner, 1980).

Concernant les diphtongues, leur développement serait tardif et plus lent que celui des monophthongues (Okalidou et Harris, 1999; Blamey *et al.*, 2001b). Il en va de même pour la coarticulation. Les enfants sourds coarticuleraient de façon moins précise que leurs pairs normo-entendants. De plus, la transition CV serait plus longue (Waldstein et Baum, 1991; Okalidou et Harris, 1999). Ce phénomène peut être attribué au fait qu'ils parlent plus lentement, mais des recherches récentes ont démontré que ce peut aussi être dû au fait qu'ils n'ont pas développé le contrôle moteur d'adultes normo-entendants, puisque celui-ci doit être raffiné par un feedback auditif. Le feedback auditif et sensoriel joue effectivement un rôle primordial dans le maintien d'un modèle interne, puisqu'il établit des liens sensori-moteurs exploités lors du processus de production en ligne de la parole (Locke et Pearson, 1992).

2.4.4 Acquisition des consonnes

Les premières consonnes acquises sont comme chez les normo-entendants, les antérieures (Geffner, 1980; Nickerson, 1975). Selon ces deux auteurs, les plus intelligibles seraient les bilabiales, latérales, labio-dentales : [p], [b], [f], [v], [l] et la semi-consonne [w] (toutes antérieures et visibles). Les moins intelligibles seraient les palatales, les fricatives [ʃ], [ʒ] les alvéolaires, les affriquées et les vélaires nasales par exemple : [g], [k] et [ŋ] [tʃ] (toutes moins visibles). D'après Jakobson (1941), les bilabiales ne sont pas seulement visibles, elles sont aussi faciles à produire, puisque résultant d'un simple mouvement qui consiste à fermer la mâchoire un peu plus qu'en position neutre. Enfin, les enfants sourds auraient plus de facilité à produire les sons de façon isolée qu'en discours continu (Nickerson, 1975).

Une durée plus longue dans la production des fricatives par des locuteurs sourds a été observée par Nickerson (1975), qui rapporte le même phénomène concernant la fermeture des occlusives. Il a également noté des intrusions d'occlusives dans la production de fricatives et vice-versa. Par exemple : « share » devient « chair » ou encore : « cheep » devient « sheep » (p. 353). Il y aurait aussi beaucoup de confusion voisé / non-voisé (Monsen, 1974).

Les consonnes en position initiale sont en général plus intelligibles que les consonnes à l'intérieur du mot (Geffner, 1980; Nickerson, 1975). Aussi, l'inventaire des consonnes serait plus restreint chez les enfants sourds que chez les entendants (Clément, 2004). De plus, les enfants sourds feraient deux fois plus d'erreurs en produisant des consonnes que des voyelles (Monsen, 1974).

Enfin, même s'ils ont assimilé les contrastes présents dans le système phonologique et qu'ils saisissent la différence entre [p] [b] et [i] [ɪ] par exemple, les limites de leur feedback auditif les empêcheront de les reproduire correctement. Ainsi, beaucoup d'erreurs concernant [p] et [b] ont été observées par Monsen (1974).

2.4.5 Autres caractéristiques

Les enfants sourds parleraient plus lentement que leurs pairs normo-entendants (Osberger et Levitt, 1979; Osberger et McGarr, 1982; Geffner, 1980; Nickerson, 1975). Ceci peut encore une fois être attribué au contrôle moteur, à la difficulté qu'ils ont à contrôler le mouvement de deux articulateurs indépendants : les lèvres et la langue.

On observe aussi un plus grand nombre de pauses dans leur discours, des pauses plus longues et insérées à des endroits inappropriés, comme à l'intérieur d'une phrase (Nickerson, 1975). Geffner (1980) a également remarqué une respiration excessive et des substitutions de syllabes.

Les entendants produisent en moyenne 3,3 syllabes ou 10 à 12 phonèmes par seconde, rapporte Nickerson (1975). Il ne précise pas les moyennes de personnes sourdes, mais elles seraient nettement inférieures.

Les sourds ne feraient pas la différence entre les syllabes accentuées et non-accentuées. En fait, ils prononceraient toutes les syllabes comme si elles étaient non-accentuées. De plus, leur rythme serait lent, ce qui peut nuire à l'intelligibilité. Ce phénomène peut être causé par un contrôle inadéquat de leur respiration. Les sourds expulseraient plus d'air pendant qu'ils parlent que ne le font les entendants. Conséquemment ils sont susceptibles d'interrompre le flot de leur discours plus souvent pour reprendre leur souffle (Nickerson, 1975).

Comme il en a été question précédemment, les enfants sourds ont généralement de la difficulté avec les sons du langage requérant une coordination précise de différents mouvements articulatoires. Une transition rapide d'une position articulatoire à une autre, comme pour les diphtongues ou encore, monter et descendre le vélum pour produire des nasales représentent aussi des défis considérables. En ce qui concerne la production de nasales, ceci s'explique de deux façons : ces mouvements ne sont pas visibles d'une part, puis ils produisent très peu de feedback proprioceptif d'autre part, selon Nickerson (1975). Celui-ci ajoute qu'on remarque toutefois une tendance à l'hypernasalité chez des enfants atteints de surdité neurosensorielle qui nasalisent souvent des phonèmes qui ne devraient pas l'être.

On observe chez les enfants sourds un espace phonologique réduit; les valeurs formantiques F1, F2 sont en effet plus rapprochées (Waldstein, 1990; Osberger, 1987; Nickerson, 1975).

Le Fo des enfants sourds est considérablement différent de celui de leurs pairs entendants et la moyenne en est plus largement étendue. Il est souvent inapproprié, ce qui cause des problèmes dans l'intonation : voix monotone ou variations excessives du Fo. Les causes en sont une absence de feedback auditif entraînant un manque de raffinement du contrôle moteur (Nickerson, 1975).

Les bébés sourds produisent donc autant de vocalisations que les bébés entendants. C'est au moment du babillage que des différences un peu plus marquées surviennent. Cependant, pour des parents encore peu habitués au développement de la parole, cela peut passer inaperçu. Une fois le diagnostic de surdité posé, il faudra s'attendre à des retards et à des différences par rapport aux enfants normo-entendants dans l'acquisition de la langue maternelle. Ces différences concernent la production de voyelles et de consonnes, le rythme, la prosodie, la grammaire, bref toutes les facettes de la langue. Dans la section suivante, nous soulignerons les impacts de l'implant cochléaire sur le développement du langage.

2.5 Caractéristiques langagières avant l'implant

Avant l'implantation, l'enfant sourd ne produit que des voyelles centralisées et son vocabulaire se limite généralement aux mots facilement lisibles sur les lèvres. En effet, les

enfants sourds accusent un retard lorsqu'ils reçoivent leur implant (McConley-Robbins, 2003). Les enfants sourds profonds pré-langagiers sans implant auraient en un an un développement langagier de six mois, c'est-à-dire la moitié des progrès de leurs pairs normo-entendant du même âge Moeller *et al.*, 1986; Robbins, Svirsky et Kirk, 1996; Svirsky *et al.*, 2000; Kirk *et al.*, 2000; Boothroyd *et al.*, 1991). Selon Houston *et al.* (2003), les enfants qui ont reçu leur implant en très bas âge, c'est-à-dire entre 7 et 15 mois auraient un développement de la parole identique à celui de leurs pairs normo-entendants après 2 à 6 mois d'expérience avec implant. Cela ne serait déjà plus le cas des enfants qui reçoivent leur implant entre 16-25 mois.

Selon Geers (2003), les enfants portant un implant cochléaire développeraient le langage plus rapidement que ceux qui bénéficient d'appareils auditifs. Mais ce sont les sourds post-langagiers qui « réussiraient » le mieux après l'implantation (Vernon et Alles, 1995). Robinshaw (1996) rapporte une amélioration rapide et significative pour imiter la prosodie. D'après elle, après un mois d'expérience avec implant, l'enfant peut discriminer et moduler ses propres vocalisations incluant les hautes fréquences. Dyson *et al.* (1993) ont constaté que l'implant peut contribuer à limiter les modulations de F_0 à diminuer la variabilité de l'intensité chez les sujets masculins et à diminuer le nombre de pauses dans le discours. Il contribue également à rendre les enfants plus volubiles, à un élargissement de l'inventaire phonétique, diversifiant ainsi les mots cible et à une plus grande précision articulatoire à mesure qu'ils gagnent en expérience auditive. Il est toutefois important de se rappeler que ces données et celles présentées ci-après peuvent varier selon le degré de surdité de l'enfant et son âge à l'implantation (Bouchard, Le Normand et Cohen, *comm. pers.*; Houston *et al.*, 2003; Geers, 2003)

Les caractéristiques acoustiques des voyelles seraient parmi les premiers indices phonémiques que les enfants sourds pré-langagiers perçoivent dès la pose de l'implant (Boothroyd, 1991). Tye-Murray et Kirk (1993) ont noté, peu de temps après la pose, un nombre élevé de /u/, parce que d'après eux, les électrodes fournissent les informations nécessaires sur les valeurs de F_1 et F_2 pour cette voyelle. Les électrodes fournissent aussi les informations nécessaires à la production de /i/ (Ertmer 2001; Ertmer *et al.*, 1997). De manière générale, l'augmentation, une diversification et une plus grande précision lors de la

production de cibles vocaliques seraient les premiers phénomènes observés par Ertmer (2001), Eisenberg *et al.* (2003) et par Kent et Murray (1982). Ces derniers ajoutent que ces productions incluent rapidement des voyelles périphériques. Pour leur part, Serry et Blamey (1999) ont observé une augmentation générale de la fréquence d'apparition de sons moins visibles, phénomène aussi observé par Robinshaw (1996) qui rapporte même des productions de diphtongues (en anglais).

Les voyelles sont généralement acquises avant les consonnes à cause notamment de leur plus grande intensité et leur plus longue durée (Warner-Czyz *et al.*, 2005; Blamey *et al.*, 2001a).

Même si les voyelles sont rapidement perçues, le développement vocalique des enfants sourds sera plus lent durant la première année (Kent et Bauer, 1985; Ertmer, 2001; Blamey *et al.*, 2001a). L'acquisition des phonèmes en général sera plus lent et l'ordre d'acquisition n'est pas nécessairement le même que celui des enfants normo-entendants comme nous le montrerons ci-après.

2.5.1 Ordre d'acquisition des voyelles

Les premières voyelles acquises en anglais sont les centrales, ouvertes et moyennes (Warner-Czyz *et al.*, 2005; Ertmer *et al.*, 2001; Blamey *et al.*, 2001; Tye-Murray et Kirk, 1993). À ce stade, /i/ et /a/ seraient produits avec le plus de précision. C'est cependant dans un contexte d'imitation que toutes les voyelles atteindraient leur plus grande précision, surtout dans le cas des ouvertes et des postérieures (Warner-Czyz *et al.*, 2005).

Les voyelles postérieures sont généralement plus longues à maîtriser par les enfants ayant reçu un implant que pour les normo-entendants (Warner-Czyz, 2005). D'ailleurs, alors que l'inventaire des enfants entendants est complet entre 24 et 36 mois (Ertmer, 2001), il est beaucoup plus difficile de savoir à quel moment celui des enfants sourds est complété.

2.5.2 Ordre d'acquisition des consonnes

Pour les personnes atteintes de surdité, les informations visuelles ne suffisent pas pour distinguer les fricatives. Même si l'implant cochléaire fournit des informations auparavant inaccessibles, les consonnes apparaîtront tardivement (Kishon-Rabin *et al.*, 1997). McGarr *et al.* (2005) vont dans le même sens en précisant que les fricatives posent problème aux patients récemment implantés étant donné le manque d'indices visuels.

Les premières consonnes acquises seront celles qui sont les plus visibles, c'est-à-dire, plus de labiales que de coronales ou de dorsales (Ertmer et Mellon, 2001; Blamey *et al.*, 2001b). Cet ordre d'acquisition diffère de celui des enfants normo-entendants qui produisent davantage de coronales, très présentes dans le langage ambiant (en anglais) (Davis et MacNeilage, 1995).

2.5.3 Les syllabes

En ce qui a trait aux syllabes, celles-ci sont conformes aux prédictions de la théorie *Frame then Content*, (MacNeilage et Davis, 1990) c'est-à-dire une combinaison de CV compatibles articulatoirement : labiale-centrale, coronale-antérieure, dorsale-palatale. Ces combinaisons sont similaires à celles des entendants (Warner-Czyz *et al.*, 2005).

Les enfants qui bénéficient d'un implant cochléaire auraient cependant plus de facilité à combiner CV dans la première syllabe que dans la deuxième (Davis et MacNeilage, 1990; Warner-Czyz *et al.*, 2005).

2.5.4 Autres caractéristiques

Enfin, sur le plan grammatical, le développement du vocabulaire et de la syntaxe est souvent retardé (Blamey *et al.*, 2001a) et il arrive que les premiers mots ne soient qu'imitation, sans que les enfants n'en saisissent la signification (Robinshaw, 1996). Spencer (2002), Seung *et al.* (2005) ont aussi observé des erreurs dans l'ordre des mots. Un emploi excessif de noms et de verbes ainsi qu'une sous-utilisation ou encore une utilisation erronée d'auxiliaires, de conjonctions et de prépositions ont été rapportés par Bamford et Saunders

(1991). Ertmer *et al.* (2003) ont noté de manière générale un retard dans l'acquisition des morphèmes : marqueurs de temps et de pluriel (en anglais) chez les enfants ayant reçu un implant. Le Normand *et al.* (2003), ont observé des difficultés dans l'emploi d'adverbes locatifs, de prépositions et dans le traitement des verbes en français.

Avant d'aborder la manière dont les enfants ayant reçu un implant cochléaire développent la parole, précisons que plusieurs études ont été menées sur le développement de la parole des enfants sourds post-langagiers, mais beaucoup moins sur les sourds pré-langagiers (Dyson *et al.*, 1993, Vernon et Alles, 1995). De plus, selon Ertmer (2001), étant donné le manque d'informations cognitives et linguistiques ainsi que la faible capacité d'attention chez les enfants nouvellement implantés, il est difficile d'évaluer l'acquisition de la parole dès la première année. L'attention que portent les enfants qui reçoivent un implant cochléaire au discours serait effectivement réduite. Selon Houston *et al.* (2003), cet élément peut entraîner un retard dans l'acquisition du vocabulaire.

Nous évoquerons dans la partie suivante les imperfections de l'implant cochléaire, mais il ne faut pas oublier qu'il peut tout de même aider les patients sourds à progresser sur le plan du discours, de la perception et de la compréhension du langage en donnant un accès accru au signal auditif, donc à la perception qui ne serait pas disponible autrement (Ouellet et Cohen, 1999).

2.6 Développement de la parole et implant cochléaire

Nous venons d'examiner les étapes de l'acquisition du langage chez des enfants sourds, son évolution et ses limites. Qu'en est-il une fois que l'enfant a reçu un implant cochléaire?

Comme nous l'avons souligné précédemment, le rôle de la perception auditive est fondamental dans le développement de la parole et l'humain entendant y est exposé dès le troisième trimestre *in utero*. Les stimulations linguistiques que l'enfant subira au cours de sa première année passée *ex utero* influenceront la perception catégorielle en l'adaptant aux oppositions phonémiques propres à la langue cible. Dans le cas de l'enfant sourd profond, on remarque une détérioration dont la gravité dépend, entre autres, de la durée de surdité sans

implant. En outre, le développement phonétique et phonologique de l'enfant sourd est retardé par rapport à celui des enfants entendants (McConley-Robbins, 2003).

L'implant cochléaire améliore l'audition, mais l'étendue du répertoire phonémique de l'enfant qui en bénéficie dépendra du niveau de développement phonologique atteint avant l'implantation (Medina *et al.*, 2004).

Avant l'avènement de l'implant cochléaire, environ un mot sur cinq, prononcé par un sourd profond était compris par les personnes hors de son entourage (Blamey *et al.*, 2001b). L'implant cochléaire offre de l'espoir à des milliers de personnes qui, autrement vivraient dans un monde de silence. Nous devons cependant être conscients de ses limites : l'implant transmet une imitation maladroite et approximative du langage (Porter et Gadre, 2003). Il reproduit le langage de manière artificielle et incomplète, affectant ainsi les indices prosodiques particulièrement importants pour appréhender des unités linguistiques telles que les mots (Le Normand et Berger, 2003). Branchi (1996) ajoute que l'implant apporte des informations supplémentaires à celles des prothèses auditives, car un nombre important de sons même amplifiés ne peuvent être perçus par les sourds sévères ou profonds. De plus, les sons rendus par les prothèses auditives sont difficiles à discriminer pour l'enfant sourd profond qui perçoit la plupart du temps un message flou et confus. L'implant, quant à lui, fournit un stimulus pour chaque son. Ces sons ne sont cependant pas restitués tels que nous les entendons, ce qui empêche parfois d'identifier les mots clairement et intégralement, surtout si l'interlocuteur présente un débit rapide.

Revenons brièvement sur les conditions idéales pour un développement optimal de la parole. Premièrement, il ne fait aucun doute que l'âge à l'implantation soit un facteur majeur, ainsi que l'implication de l'entourage et un milieu socio-économique favorable (Houston *et al.*, 2003, Osberger *et al.*, 1993, Le Normand et Berger, 2003, Makhdoum *et al.*, 1997, Geers, 2002, Calmels *et al.*, 2003). Précisons qu'à notre connaissance, aucune étude n'a été menée afin de comparer spécifiquement les âges à l'implantation à la fois en perception et production de la parole.

Une implantation avant l'âge de 24 mois semble aider considérablement à l'acquisition de la parole et limiter les conséquences négatives causées par une absence prolongée

d'informations auditives (Ertmer, 2001, Ertmer *et al.*, 2003; Kirk *et al.*, 2000). Selon Geers *et al.* (2003), on pourrait, jusqu'à l'âge de cinq ans, espérer un développement qui devienne comparable à celui des enfants normo-entendants, mais passé cet âge, le développement deviendrait beaucoup moins rapide (Ertmer *et al.*, 2003). Ceci vaut également pour l'apprentissage de la langue signée. Les enfants sourds, nés de parents entendants qui n'ont pas été exposés à la langue signée avant l'âge de 6 ans accuseront des retards toute leur vie dans l'apprentissage linguistique. Plus les enfants sont exposés jeunes à un langage, parlé ou signé, plus ils excelleront à détecter les patrons, même les plus complexes de la ou des langues à apprendre (Kuhl, 2004).

Le mode de communication choisi avant l'implantation serait un élément significatif pour l'amélioration des compétences langagières. Depuis des années, le débat entre Communication Totale (CT) et Communication Orale (CO) soulève bien des passions. Mentionnons que la CT implique une combinaison de la langue signée et de la langue parlée alors que la CO n'implique pas la langue signée (Kirk *et al.*, 2000). McConley-Robbins (2003) rapporte cependant que de nombreuses études comparatives démontrent que les enfants utilisant régulièrement la communication orale parvenaient à une meilleure perception de la parole et à un niveau d'intelligibilité deux fois supérieur à ceux d'enfants utilisant la communication totale. Osberger *et al.*, (1994) précisent que le taux d'intelligibilité des enfants qui utilisent la communication orale serait évalué à 48% contre seulement 21% chez ceux qui privilégient la communication totale. Or, ces résultats pourraient être dus à des facteurs extérieurs tels que les modèles langagiers environnants comme ceux proposés à l'école ou par la famille, ou encore la formation limitée sur la manière de développer le langage oral reçue par les enseignants CT, etc. (Osberger *et al.*, 1994; Hochberg et Schmidt, 1983). Quoiqu'il en soit, les chercheurs américains, qui sont divisés de façon équitable sur la question, s'entendent pour dire que peu importe le mode de communication utilisé, des habiletés langagières élevées sont essentielles pour la réussite de l'enfant implanté (McConley-Robbins, 2003). Boothroyd (1984) et Monsen (1983) ont constaté, quant à eux, un lien direct entre l'intelligibilité et le degré de perte auditive. Les plus grandes différences inter-sujets se produiraient entre ceux dont la perte auditive se situe entre 90 à 114 dB et ceux présentant une perte auditive de 115 dB ou plus.

Parmi les autres facteurs pouvant contribuer à un meilleur développement de la parole, on rapporte le nombre d'individus dans la famille : moins la famille est nombreuse, meilleures sont les chances (Geers *et al.*, 2003). Être jumeau peut également ralentir le développement de la parole, ce qui, d'après Seung *et al.* (2005), est valable pour tous les jumeaux, notamment à cause de l'attention partagée des parents, si importante pour l'enfant sourd.

L'âge au diagnostic figure aussi toujours parmi les facteurs contribuant au succès du développement de la parole post-implantation. Désormais, les diagnostics pourront être davantage précoces et précis, puisque de plus en plus d'hôpitaux font subir des tests d'audition aux nouveau-nés (White, 2003; Paparella *et al.*, 1993). Enfin, choisir une école orientée vers les besoins de l'enfant et plaçant l'emphase sur la communication peut aussi faire une grande différence (Geers, 2002; Paparella *et al.*, 1993).

En somme, dans des conditions optimales, les enfants qui bénéficient d'un implant cochléaire peuvent parvenir à un développement de la parole similaire à celui de leurs pairs normo-entendants. Ces conditions ne sont cependant pas toujours remplies; la plupart des enfants implantés risquent donc d'accuser un retard dans le développement de la parole (Seung *et al.*, 2005). On note cependant d'importants progrès après un an d'utilisation de l'implant; il n'est pas rare qu'après 18 mois, l'enfant ait rejoint le développement langagier d'un enfant entendant du même âge (Brinton, 2001).

Le développement varie cependant considérablement d'un enfant à l'autre; il arrive souvent que même après deux ans d'expérience auditive, les enfants implantés continuent à lire sur les lèvres ou à signer (Vernon et Alles, 1995; Tye-Murray *et al.*, 1995). Enfin, on noterait des progrès croissants durant les cinq premières années d'utilisation de l'implant et peu par la suite (Blamey *et al.*, 2001b). Calmels *et al.* (2004) auraient même observé un plateau après trois ans.

2.6.1 Présentation de l'implant cochléaire

Nous avons vu comment le langage se développe chez l'enfant qui a reçu un implant cochléaire. Il serait maintenant intéressant de dresser un bref historique de l'implant. Nous en décrirons maintenant les composantes et le fonctionnement, puis, nous aborderons

rapidement les différentes étapes de l'intervention chirurgicale nécessaire à l'implantation, ses contre-indications et complications possibles. Enfin, nous verrons les stratégies de codage de l'implant cochléaire.

2.6.1.1 Historique

Le physicien italien Alessandro Volta a été le premier à expérimenter et à publier les effets du courant électrique sur le système auditif en 1790. En s'insérant des tiges de métal dans les oreilles pour s'exposer à 50 volts d'électricité, il a déclaré avoir ressenti un coup sur la tête, suivi d'un bruit de soupe épaisse en train de bouillir. Pendant plus de 167 ans, des chercheurs ont poursuivi ses recherches sur l'électricité et l'audition. Puis, en 1957, l'implant cochléaire était inventé à Paris par Djourno et Eyries. Ceux-ci ont en effet réalisé une première stimulation du nerf auditif par application directe d'une électrode chez un patient sourd. En 1972, le premier implant destiné à stimuler le nerf auditif via la *scala tympani* était créé, puis, en 1984 l'implant cochléaire était approuvé par la FDA américaine (Food and Drug Administration), mais pour les adultes seulement (Porter et Gadre, 2003).

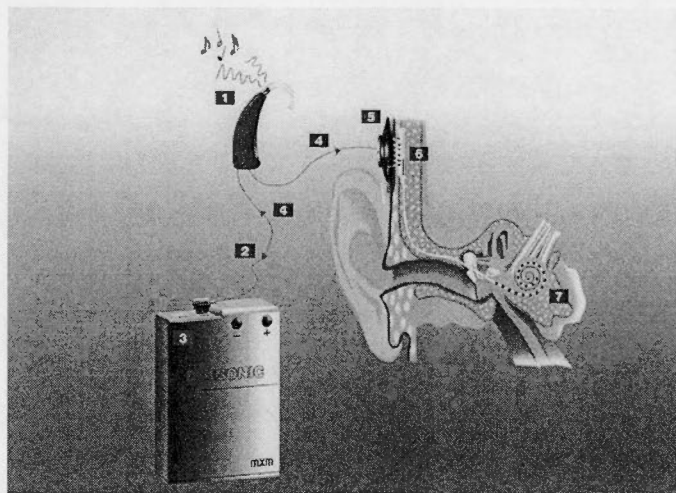


Figure 2.6 Composantes de l'implant cochléaire (Tirée de Truy et Lina, 2003).

2.6.1.2 Composantes de l'implant cochléaire

L'implant cochléaire est composé de deux parties interdépendantes : une partie externe et une partie interne.

2.6.1.3 Partie externe

La partie externe comprend un microphone (1) servant à capter l'information acoustique. Celui-ci est porté au niveau du pavillon de l'oreille comme les prothèses auditives classiques. Le microphone capte la parole et les bruits environnants et les convertit en un signal électronique comparable au signal acoustique. Ce signal est ensuite dirigé vers le processeur vocal (microprocesseur) (2). Celui-ci filtre le signal et le transforme en une série de signaux électriques qui sont transmis à la partie interne de l'implant, à l'intérieur de la cochlée.

Le processeur vocal existe sous forme de boîtier que l'on porte à la ceinture comme un baladeur et sous forme de système miniaturisé du type contour d'oreille. Le boîtier est préférable pour les enfants, car il est muni d'un témoin lumineux permettant de savoir si la stimulation est interrompue. Ce boîtier a également l'avantage d'être plus robuste.

L'information traitée est envoyée à une antenne externe (3) (antenne émettrice), puis à une antenne interne (4) par radio-fréquence. L'antenne est placée face à l'implant sous-cutané et maintenue dans cette position grâce à une attraction magnétique.

2.6.1.4 Partie interne

La partie interne est implantée par chirurgie. Elle est composée d'une antenne de réception, d'un récepteur-stimulateur et d'un porte-électrodes. L'information est traitée par le récepteur-stimulateur (5), puis elle est envoyée sur un nombre spécifique de canaux matérialisés par des électrodes contenues dans le porte-électrodes (6). Enfin, les stimulations électriques sont dirigées vers la cochlée par les électrodes intracochléaires (7).

Avant de décrire la chirurgie nécessaire à la mise en place de l'implant cochléaire, voyons brièvement quelles peuvent en être les contre-indications.

D'abord, avant la chirurgie, le médecin doit procéder à des examens détaillés de l'os temporal. Les électrodes devant être insérées dans la cochlée pour stimuler le nerf acoustique, les contre-indications relevées par Paparella *et al.*, (1993) sont :

2.6.1.5 Contre-indications à la chirurgie

- Contre-indication à l'anesthésie générale
- Agénésie (absence de formation) de la cochlée ou du nerf auditif
- Ossification ou occlusion complète de la cochlée
- Infection de l'oreille moyenne (il faut alors attendre la guérison)

2.6.1.6 Chirurgie

La chirurgie est réalisée sous anesthésie générale et dure généralement de deux à quatre heures. Le chirurgien procède d'abord à une mastoïdectomie, c'est-à-dire un forage dans l'os mastoïde pour y insérer le récepteur-stimulateur.

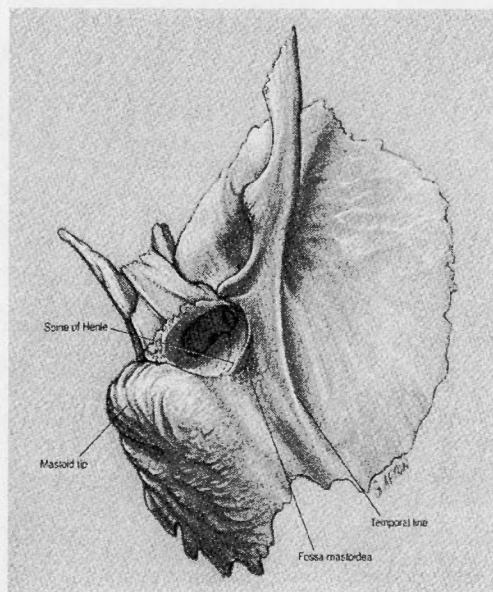


Figure 2.7 Illustration de l'os mastoïde (Tirée de Paparella *et al.* 1993)

La seconde étape consiste en une cochléostomie afin d'insérer le porte-électrodes dans la *scala tympani* de la cochlée. Il est très important de fermer la cochléostomie de façon étanche autour des fils reliant le récepteur-stimulateur au porte-électrodes afin d'éviter la formation d'une fistule. La présence d'une fistule pourrait causer des infections (méningite bactérienne), vertiges, acouphènes, etc. (Truy et Lina, 2003; Moore et Teagle, 2002; Paparella *et al.*, 1993; Cummings *et al.*, 1993).

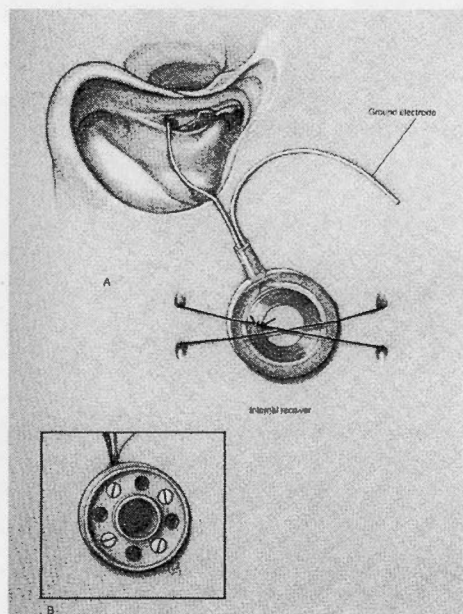


Figure 2.8 Schéma représentant le récepteur-stimulateur (B) une fois installé (A) (Tirée de Paparella *et al.* 1993).

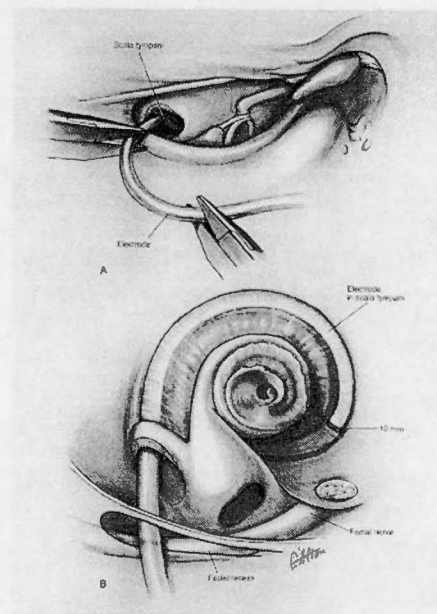


Figure 2.9 Insertion des électrodes dans la scala tympani (A) électrodes en place (B) (Tirée de Paparella *et al.* 1993)

2.6.1.7 Post-chirurgie

Suite à la chirurgie, le patient doit prendre des antibiotiques afin d'éviter les infections. Le médecin, quant à lui a le devoir de s'assurer que le tympan n'est pas endommagé. Cinq à huit visites post-chirurgicales seront nécessaires afin de programmer les seuils T (*threshold*) et C (*comfort*) pour chaque électrode. Un audiologiste doit déterminer le seuil de perception minimale des sons en dB (seuil T) et le seuil maximal que le patient peut percevoir sans

inconfort (seuil C). Précisons que l'étendue d'un champ dynamique acoustique, c'est-à-dire celui d'un sujet normo-entendant couvre 120 dB alors que l'étendue d'un champ dynamique électrique, celui d'un sujet sourd ayant reçu un implant cochléaire, ne couvre que de 6 à 30 dB (Truy et Lina, 2003; Moore et Teagle, 2002).

Mentionnons que le porte-électrodes peut être intra- ou extra-cochléaire. Les résultats sont cependant nettement supérieurs avec un porte-électrodes intra-cochléaire. C'est pourquoi on a généralement recours à un porte-électrodes extra-cochléaire que dans des cas de malformation congénitale ou d'ossification de la cochlée (Truy et Lina, 2003; Moore et Teagle, 2002; Paparella *et al.*, 1993; Cummings *et al.*, 1993).

2.6.1.8 Complications possibles

Les principales complications possibles liées à l'intervention chirurgicale rapportées par Paparella *et al.* (1993) sont les suivantes :

- Méningite bactérienne
- Acouphènes
- Vertiges
- Lésion (paralysie) du nerf facial <1%
- Stimulation du nerf facial

2.6.1.9 Les stratégies de codage de l'implant cochléaire

Truy et Lina (2003) divisent les stratégies de codage en trois catégories :

- Analyse fréquentielle : ces stratégies traitent la représentation la plus pertinente des différentes composantes de la parole, c'est-à-dire : détection de la fréquence fondamentale F_0 et des formants F_1 , F_2 .
- Analyse temporelle : ces stratégies sont conçues pour représenter le plus fidèlement possible les caractéristiques spectrales et temporelles de la parole.

Toutes les électrodes sont alors activées et chacune d'elles est stimulée selon une quantité d'énergie dans la bande de fréquences qui lui est assignée.

- Nouvelles avancées hybrides : ces stratégies sont les plus récentes et leur fonction est de fournir à l'utilisateur la meilleure représentation de l'environnement en mettant l'emphasis sur l'analyse de la fréquence et de l'information temporelle.

Il est de la responsabilité de l'audiologiste de déterminer la stratégie de codage optimale pour chaque enfant. La stimulation commence plusieurs semaines après la chirurgie, quand la blessure est bien cicatrisée (Moore et Teagle, 2002).

Nous avons fait le bilan des recherches concernant l'importance de la vision et de l'audition dans le développement de la parole, d'abord chez l'enfant normo-entendant puis chez l'enfant sourd. Nous avons ensuite évoqué les principales caractéristiques langagières du locuteur sourd avant la pose de l'implant, puis les changements généralement observés après la pose de celui-ci. Nous sommes maintenant à même de présenter notre propre procédure expérimentale, nous permettant de répondre aux objectifs que nous nous sommes fixés, soit de déterminer l'inventaire vocalique de chacun des sujets à chacun des stades post-implantation, de savoir comment ils produisent ces voyelles, en procédant à l'analyse acoustique des productions vocaliques. Puis, nous suivrons l'évolution des formants F1, F2 des voyelles ainsi que la taille des trapèzes vocaliques. Ces démarches nous permettront enfin de comparer l'émergence du système vocalique de l'enfant sourd à celle de l'enfant entendant.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

3.1 Corpus

Le corpus que nous avons utilisé est constitué d'enregistrements audio-visuels effectués par des orthophonistes à Paris, Toulouse, Lyon et Montpellier et rassemblés par Marie-Thérèse Le Normand du Laboratoire de neuropsychopathologie du langage et de la cognition de l'Hôpital de la Salpêtrière à Paris. Au Québec, ces documents sont utilisés dans le cadre d'un projet intitulé *Évaluation du lexique de production chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de trois ans* dirigé par Henri Cohen, professeur au Centre des Neurosciences de la Cognition de l'Université du Québec à Montréal.

Les séances d'enregistrement ont eu lieu dans le Centre d'implantation de l'enfant entre 1998 et 2000. Les participants étaient filmés par une caméra à micro intégré; le contexte était propice aux productions spontanées, puisque l'enfant se trouvait dans une situation ludique : il était en effet entouré de jouets ou de livres. Une orthophoniste, ou parfois un parent, ou encore l'orthophoniste et la mère, l'encourageaient à s'exprimer, à expliquer à haute voix ce qu'il faisait avec les jouets, à nous présenter ses personnages et leurs interactions ou décrire les images dans des livres. Chaque session est d'une durée de 15 à 20 minutes. Malheureusement, ces enregistrements débutent 6 mois après la pose de l'implant, aucun document sonore ne témoigne donc du discours des enfants antérieur à l'implantation, ce qui aurait permis une comparaison des productions pré- et post-implantation et ainsi de mieux saisir l'évolution de chacun.

3.2 Choix des participants

Nous avons retenu quatre locuteurs pour cette étude : deux filles et deux garçons. Tous ces locuteurs étaient atteints d'une surdité bilatérale profonde à la naissance, puisque cette recherche porte sur l'émergence du trapèze vocalique chez des enfants sourds prélinguagiers. Précisons que deux des enfants avaient une perte auditive de 100 à 110 dB (DAP II); les deux autres avaient une perte auditive de plus de 110 dB (DAP III). Ils ne présentaient aucun handicap additionnel.

Les quatre locuteurs ont été diagnostiqués assez tôt (entre 3 et 14 mois). Quant à l'âge au moment de l'implantation, on observe de grands écarts : en effet, le sujet 3 a reçu son implant à 25 mois et le sujet 2 a reçu le sien à 76 mois. Trois des enfants proviennent d'un milieu socio-économique favorisé et le quatrième, d'un milieu socio-économique moyen. Nous avons bien sûr choisi des locuteurs volubiles et dont l'âge au moment de l'implantation varierait le plus possible, afin de comparer nos résultats à ceux de Goud (2004).

Tableau 3.1
Description des locuteurs retenus pour l'étude

Sujets	Sexe	Ville d'origine	Degré de surdité	âge au diagnostic (mois)	�ge à l'implan- tation (mois)	L.P.C. ³	Français signé	Milieu socio- �cono- mique
1	M	Lyon	DAP III	3	30	non	oui	Favorisé
2	F	Montpellier	DAP II	14	76	oui	non	Moyen
3	F	Toulouse	DAP III	11	25	non	non	Favorisé
4	M	Toulouse	DAP II	11	50	oui	non	Favorisé

En général, les enfants parlaient peu au premier stade (6 mois post-implantation), davantage intéressés par les jouets dont ils étaient entourés et sans doute encore peu habitués à ce genre de situation. Les sujets 2 et 3 ont été les plus loquaces à ce stade. Les sujets 1 et 4 semblent beaucoup plus à l'aise après 12 mois où l'on peut déjà observer une nette augmentation du vocabulaire.

³ L.P.C. : Langage Parlé Complété. Les sujets 2 et 4 le connaissent, mais seul le sujet 2 l'utilise pendant les séances d'enregistrement. Quant au français signé, seul le sujet 1 le connaît, mais il ne l'utilise pas pendant les enregistrements.

Tableau 3.2
Évaluation des capacités communicatives des enfants avant la pose de l'implant cochléaire

Bilan orthophonique avant l'implantation ⁴		
Sujet 1 Âge à l'implantation : 30 mois	Sujet 3 Âge à l'implantation : 25 mois	Sujet 4 Âge à l'implantation : 50 mois
Aucun babillage	Peu de babillage	Aucun babillage
Compréhension de mots : non-relevé	Faible compréhension de mots (avec support visuel seulement)	Faible compréhension de mots
Compréhension de phrases simples uniquement	Compréhension de phrases simples (avec support visuel seulement)	Compréhension de phrases simples uniquement
Production de vocalisations surtout	Production de parole relativement intelligible (3/5)	Production de quelques mots isolés

3.3 Dépouillement

À partir des fichiers audio-visuels (.mov), nous avons créé des fichiers sons (.wav) pour chacune des sessions. Cette conversion a été effectuée à l'aide du logiciel gratuit Radtool pour rendre possible ultérieurement l'analyse des données par le logiciel PRAAT sur lequel nous reviendrons. Puis, nous avons filtré les fichiers (.wav) à l'aide du logiciel Goldwave afin de réduire le plus possible les bruits ambiants.

Nous avons ensuite extrait toutes les voyelles orales possibles, c'est-à-dire d'une durée suffisamment longue (± 80 ms) et qui avaient au moins trois formants mesurables pour chacun des stades post-implantation soit : 6 mois, 12 mois, 18 mois et 24 mois pour chacun des enfants. Toutes ces voyelles étaient issues de mots et non du babillage. Il nous manque cependant les données concernant le troisième stade (18 mois) pour le sujet 2. Les fichiers étaient inaudibles. Nous avons dû exclure les productions couvertes par des bruits

⁴ N.B. Nous avons reçu ces informations tardivement et nous nous sommes aperçue en cours d'analyse seulement que les renseignements sur le sujet 2 n'étaient pas disponibles.

environnants (sonnerie de téléphone, intervention de l'orthophoniste, bruit causé par la manipulation des jouets, etc.) ou encore celles où il y avait chevauchement de la parole entre l'enfant et l'orthophoniste ou le parent.

3.4 Accord inter-juges

Chacune des voyelles répondant aux critères mentionnés dans le paragraphe précédent a ensuite été soumise à un accord inter-juges. Les 597 voyelles présentées en ordre aléatoire variable pour chaque sujet ont été laissées à l'intérieur d'une syllabe, car un minimum de contexte aidait à l'identification de celles-ci. Vingt juges, soit 10 hommes et 10 femmes ont écouté les 597 voyelles. Ces juges devaient être âgés de 18 à 40 ans, être des locuteurs natifs du français québécois et n'avoir aucun trouble de l'audition.

Pour ce faire, nous avons eu recours à un test de perception disponible dans le logiciel PRAAT, que nous avons adapté selon nos besoins. Le test a été administré dans la chambre anéchoïque du laboratoire de phonétique de l'Université du Québec à Montréal. Les participants portaient un casque d'écoute. Les voyelles figurant dans le test étaient les suivantes : [i], [e], [ɛ], [a], [ɑ], [ə], [y], [ø], [u], [o], [ɔ]. Si nous avons choisi de ne garder que [ə] en le fusionnant avec [œ], nous avons toutefois présenté à la fois le [a] antérieur et le [ɑ] postérieur, même si souvent seul le [a] antérieur est produit en France (Walter, 1976; Carton *et al.*, 1983). À mesure qu'ils entendaient un son, les juges devaient cliquer sur la voyelle qu'ils croyaient avoir perçue et en évaluer la qualité de production sur une échelle de 1 à 5. La durée du test était d'environ 40 minutes et chaque voyelle n'était entendue qu'une fois, sans possibilité de répétition. Nous avons retenu les voyelles sur lesquelles les juges s'étaient accordés à plus de 50%. Les 473 voyelles retenues ont été transcrites avec les symboles de l'A.P.I. Tout cela nous a permis de faire l'inventaire des productions des enfants pour chaque stade et de procéder à l'analyse acoustique.

3.5 Analyse acoustique

Les voyelles retenues ont été soumises à une analyse acoustique, afin de mesurer les valeurs formantiques : F1, F2, F3 et F0. L'analyse des deux premiers formants nous a permis de concevoir des trapèzes vocaliques. Ces deux étapes ont été réalisées à l'aide du logiciel PRAAT, logiciel de traitement de la parole gratuit et disponible sur internet à l'adresse suivante : <http://www.praat.org>. Il a été conçu par un professeur et un ingénieur de l'Institut des Sciences Phonétiques de l'Université d'Amsterdam, Paul Boersma et David Weenink.

Pour une analyse aussi précise que possible, nous avons recouru à des paramètres de réglage de Praat déjà utilisés par Goud (2004). Ces paramètres sont les suivants :

- Une largeur de fenêtre (« Window lenght ») à 0.005 secondes, afin d'obtenir un spectrogramme à bandes larges;
- Un échantillonnage à 44100 Hz; taux élevé pour disposer d'une grande précision pour visualiser les fréquences de 0 à 8000 Hz;
- Une détection automatique des formants par L.P.C de la voyelle (« Show formants») dans une échelle de 0 à 5000 Hz;
- Une détection automatique de la fréquence fondamentale (« Show pitch ») dans une échelle de 100 à 700 Hz;
- Un contraste d'énergie (« Dynamic range ») fixé entre 30 et 50 dB, pour mettre en évidence les contrastes noir/blanc et faire ressortir l'énergie des formants, visualisée par les « bandes noires ».

Les valeurs des formants, en Hertz, transposées dans Excel, ont été converties en Bark selon la formule $F_{bark} = 7 * \sinh(FHz / 650)$ telle qu'utilisée par Ménard et Boë (2004). Précisons qu'un Bark couvrirait une distance d'environ 1300 neurones cochléaires (Syrdal et Gopal, 1986). Au plan acoustique, on peut supposer qu'avec cette échelle, les possibilités de contrastes d'un locuteur sont indépendantes de la longueur de son conduit vocal et du rapport entre deux dimensions longitudinales: pharyngale et buccale, puisque la forme des espaces est similaire. (Boë et Maeda, 1997; Boë, 1999). Ceci a pour but d'offrir plus de précision et une meilleure comparaison entre les sujets étudiés.

Une fois les valeurs formantiques converties en Bark et les trapèzes vocaliques conçus, nous avons pu rendre compte de la dispersion intracatégorie et de la distance intercatégorie, c'est-à-dire de la précision et de la distinction des voyelles produites par nos locuteurs en traçant des ellipses de dispersion à l'aide du logiciel Systat. Plus la production est précise, c'est-à-dire qu'elle se rapproche de la cible, plus l'espace acoustique (illustré par les ellipses) occupé par cette voyelle est restreint. De la même façon, plus la production est précise, plus les ellipses seront éloignées les unes des autres.

Pour mesurer l'espace séparant les catégories vocaliques, nous avons eu recours au calcul des distances euclidiennes dont la formule utilisée est la suivante :

$$c = \sqrt{(a^2 + b^2)}. \text{ Ici, (c = la distance euclidienne en Bark)}$$

(a = la distance en Bark entre les valeurs de F1 et b = la distance en Bark entre les valeurs de F2).

Enfin, nous avons pu procéder à une analyse détaillée de l'évolution des trapèzes vocaliques. À l'instar de Rvachew *et al.* (2006), nous avons sélectionné pour chaque stade, la voyelle la plus grave, la plus aiguë, la plus diffuse et la plus compacte selon les formules suivantes :

Grave : valeur minimum de $(F1 + F2) / 2$

Aigu : valeur maximum de $(F1 + F2) / 2$

Compact : valeur minimum de $F2 - F1$

Diffus : valeur maximum de $F2 - F1$.

Précisons que le terme *grave* fait référence à la moyenne des valeurs de F1 et F2 la plus basse et le terme *aiguë*, à la moyenne des valeurs de F1 et F2 la plus élevée. Quant au terme *diffuse*, rappelons-le, il s'agit de la voyelle ayant les valeurs formantiques F1 et F2 les plus éloignées, enfin, le terme *compacte*, il fait référence à la voyelle ayant les valeurs formantiques F1 et F2 les plus rapprochées.

Nous avons ensuite dressé des trapèzes vocaliques dans un plan F1 / F2 en Bark. Enfin, nous avons superposé ces trapèzes, afin d'en faciliter la comparaison.

CHAPITRE IV

INVENTAIRE DES VOYELLES

4.1 Inventaire général

Les deux prochains tableaux représentent toutes les voyelles sur lesquelles se sont entendus plus de 50 % des juges pour chaque enfant et pour chaque stade. Pour chacune des voyelles, nous avons indiqué le nombre d'occurrences et leur proportion par rapport à l'ensemble de toutes les productions ainsi que les totaux.

Tableau 4.1
Inventaires des voyelles produites par les sujets 1, 2, 3 et 4 à 6 et 12 mois post-implantation

	Sujet 1			Sujet 2			Sujet 3			Sujet 4		
	Occur- rences	%		Occur- rences	%		Occur- rences	%		Occur- rences	%	
6 mois Post-IC	i	0	0	i	4	29	i	6	29	i	3	30
	e	0	0	e	4	29	e	0	0	e	0	0
	a	1	20	a	6	43	a	12	57	a	0	0
	ø	0	0	ø	0	0	ø	1	5	ø	0	0
	ə	2	40	ə	0	0	ə	0	0	ə	1	10
	ɑ	0	0	ɑ	0	0	ɑ	1	5	ɑ	0	0
	u	1	20	u	0	0	u	1	5	u	5	50
	o	0	0	o	0	0	o	0	0	o	1	10
	ɔ	1	20	ɔ	0	0	ɔ	0	0	ɔ	0	0
Totaux	5	100		14	100		22	100		10	100	
12 mois Post-IC	i	9	31	i	8	50	i	6	12	i	2	6
	e	4	14	e	1	6	e	9	17	e	2	6
	ɛ	1	3	ɛ	1	6	ɛ	1	2	ɛ	1	3
	a	7	24	a	4	25	a	16	30	a	11	35
	y	1	3	y	1	6	y	1	2	y	1	3
	ø	1	3	ø	0	0	ø	1	2	ø	0	0
	ə	2	7	ə	1	6	ə	0	0	ə	3	10
	ɑ	0	0	ɑ	0	0	ɑ	13	25	ɑ	7	23
	u	1	3	u	0	0	u	2	4	u	1	3
	o	3	10	o	0	0	o	2	4	o	1	3
	ɔ	0	0	ɔ	0	0	ɔ	0	0	ɔ	2	6
Totaux	31	100		16	100		53	100		31	100	

4.1.1 À 6 mois post-implantation

Sujet 1 : À ce stade, une seule voyelle a été rejetée après l'accord inter-juges où la même voyelle a été perçue à la fois comme [i], [y] et [ø]. Ce sujet a peu parlé, il a surtout produit des exclamations et onomatopées, imitant par exemple le bruit des voitures, sans autre intention de communication. Il a produit quatre voyelles, soit [ə] (2 occurrences), [a] (1 occurrence), [u] (1 occurrence) et [ɔ] (1 occurrence).

Les résultats du sujet 1 démontrent qu'après 6 mois post-implantation, l'inventaire des voyelles est limité. Vu son âge et son contrôle moteur, son conduit vocal devrait être assez développé pour permettre l'élévation de la langue nécessaire à la production du [u]. Il contrôle suffisamment les mouvements de sa langue pour produire des voyelles postérieures. Cet enfant, implanté tôt, semble avoir progressé assez rapidement après la pose de l'implant puisqu'il produit des voyelles périphériques (Mac Neilage et Davis, 1990; Kent et Murray, 1982; Brosda, 1998).

Sujet 2 : Ici aussi, 18% des voyelles ont été rejetées pour cause de désaccord général, la même voyelle pouvant être perçue comme [y], [ə], [e], [a] et [ø]. Peu de voyelles ont été disqualifiées à cause du bruit des jouets, mais l'enfant a produit beaucoup de cris. Seulement trois voyelles ont été clairement identifiées à ce stade : [i] (29 %), [e] (29 %) et [a] qui est majoritaire (43 %).

Le sujet 2, la plus longtemps privée d'expérience auditive, présente l'inventaire le plus restreint avec seulement trois voyelles antérieures. Ayant été privée d'audition plus longtemps que les trois autres, il est à supposer que son contrôle moteur soit aussi moins développé, puisque celui-ci doit être raffiné par un feedback auditif (Locke et Pearson, 1992; Baddeley, 1995). Nous tenons aussi à préciser qu'après 6 mois post-implantation et d'ailleurs, à tous les stades qui suivront et dont nous disposons des données, elle utilisera le L.P.C. (Langage Parlé Complété).

Sujet 3 : 19 % des voyelles ont été rejetées après désaccord général des juges. Peu de voyelles ont été rejetées à cause du bruit ou du chevauchement de parole et ces voyelles

étaient les mêmes qui figurent dans l'inventaire. La voyelle [a] (57 %) est la plus représentée, suivie de [i] (29 %), puis [ø], [ɑ] et [u] qui apparaissent une fois chacune.

Le sujet 3 est celle qui a été implantée le plus tôt et quoique limité, son inventaire vocalique demeure le plus vaste des quatre participants avec cinq voyelles, antérieures et postérieures et nécessitant les deux extrêmes d'aperture. Les voyelles produites sont donc très différentes visuellement (Ertmer, 2001).

Sujet 4 : 23 % des voyelles ont été rejetées suite à l'accord inter-juges. La principale source de mésentente étant [a] et [ɔ] (arrondissement) perçus pour une même voyelle. À ce stade où les enfants sont généralement moins loquaces qu'aux stades ultérieurs, le sujet 4 a produit davantage de cris, rires, onomatopées (jappements de chien). Parmi les quelques voyelles non-retenues pour cause de bruits extérieurs ou chevauchement de parole figuraient principalement des [u] et des [i] qui sont présents dans son inventaire. En effet, le [u] est clairement le plus représenté à ce stade avec 50% des occurrences, suivi du [i] (30 %) puis [ə] et [o] (10 % chacun).

Le sujet 4 qui a reçu son implant plus tard que les sujets 1 et 3 présentent également un inventaire restreint et exception faite du [ə], il s'agit uniquement de voyelles cardinales. Il semble qu'il maîtrise déjà le contrôle des trois éléments qui, d'après Buhr (2000) sont nécessaires pour produire le son [u], c'est-à-dire : la position de la mâchoire, le mouvement de la langue vers l'arrière et l'arrondissement des lèvres. Aucun [a], pourtant fréquent dans le discours et qui figure parmi les premières voyelles produites, (Selby *et al.*, 2000; Robb *et al.*, 1999; Ertmer, 2001) ne figure parmi son inventaire, mais comme nous l'avons mentionné précédemment, cette voyelle faisait régulièrement partie des productions rejetées, confondue souvent avec la voyelle [ɔ].

Il semble donc que dans tous les cas ci-haut décrits, l'inventaire des voyelles après 6 mois d'utilisation de l'implant soit encore très limité. On peut cependant observer une différence qui mérite d'être signalée entre le sujet 2, implantée le plus tard et le sujet 3, implantée le plus tôt quant au nombre de voyelles produites, aux différents lieux

d'articulation utilisés et on peut également supposer que le contrôle moteur du sujet 3 est davantage développé, puisque moins longtemps privée d'audition. Cependant, le nombre très restreint d'occurrences limite la portée de ces conclusions. Mentionnons que les sujets 1 et 2 ne font pas la distinction entre le [a] (antérieur) et le [ɑ] (postérieur). Cependant, les sujets 3 et 4 ont fait une distinction clairement reconnue par les juges.

4.1.2 À 12 mois post-implantation

Sujet 1 : Cette fois, 21 % des voyelles soumises à l'accord inter-juges ont été rejetées, une même voyelle pouvant être perçue comme [o] ou [ə] (confusion du trait arrondissement et du lieu d'articulation), une autre comme [a], [e] ou [ɛ] (confusion du trait aperture). L'enfant a parlé beaucoup plus qu'au stade précédent, mais plusieurs de ses productions n'ont pu être retenues, car des bruits environnants les recouvraient. D'autres voyelles, des [o] seulement, ont dû être rejetées, car l'enfant avait, à ce stade, une tendance à l'hypernasalité comme c'est parfois le cas, nous l'avons vu précédemment, chez les personnes atteintes de surdité neurosensorielle. Néanmoins, aux voyelles déjà présentes à 6 mois post-implantation s'ajoutent : [i] (31 %) qui est majoritaire, [e] (14 %), [ɛ], [y], [ø] et [ə] (3 % chacune).

Ces résultats nous démontrent que l'inventaire vocalique du sujet 1 a presque doublé après un an d'utilisation de l'implant. De plus, le [i] absent de son inventaire après 6 mois d'utilisation d'implant est maintenant le plus présent (31 %). On peut constater que ce sujet peut désormais produire toutes les voyelles orales du français si l'on exclut le [ɑ].

Sujet 2 : 33 % des voyelles produites ont été rejetées après l'accord inter-juges où une même voyelle pouvait être perçue comme [a], [o] ou [y]. Cette fois encore, peu de voyelles ont été disqualifiées à cause du bruit des jouets. À l'inventaire de 6 mois post-implantation s'ajoutent : [ɛ], [y] et [ə] dans des proportions de 6 % chacune. À ce stade c'est [i] (50 %) qui est majoritaire.

L'inventaire du sujet 2 a doublé. Il lui manque encore les voyelles [ɔ], [u], [o] et [ɔ] pour que son inventaire soit exhaustif.

Sujet 3 : 16 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges; principales sources de désaccord : [a]-[o] et [i]-[u]. Les quelques voyelles rejetées à cause des interférences avec le parent présent sont [e] et [i]. Aux voyelles déjà présentes à 6 mois post-implantation s'ajoutent : [e] (17%), [ɛ] (2%), [y] (2%) et [o] (4%). Notons que le [a] est encore majoritaire (30 %) suivi du [ɑ](16 %).

L'inventaire du sujet 3 est passé de 5 à 9 voyelles. Il ne lui manque que [ɔ] pour compléter l'inventaire des voyelles orales du français.

Sujet 4 : 11 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges où tout comme au stade antérieur, la source majeure de mésentente concerne [a] et [ə] perçus pour une même voyelle. Aux voyelles déjà présentes à 6 mois post-implantation s'ajoutent : [e] (6 %), [ɛ] (3 %), [y] (3 %), [ɑ](23 %) et [ɔ] (3 %). Ici aussi le [a] (35 %) est majoritaire, suivi du [ɑ].

L'inventaire vocalique du sujet 4 a plus que doublé. De plus, le [a] qui était absent après 6 mois, bien que souvent perçu par une minorité de juges, est cette fois de loin le plus représenté (35 %) et l'enfant produit aussi le [ɑ] postérieur (23 %). Enfin, le [u] qui était de loin le plus présent occupe après 12 mois seulement 3 % des occurrences. Tout comme le sujet 1, le sujet 4 a désormais produit toutes les voyelles orales du français.

Dans tous les cas, l'inventaire s'est élargi de manière significative après un an. Ce stade semble marquer une étape cruciale dans le développement des voyelles chez les enfants ayant reçu un implant cochléaire. Leur feedback auditif si important semble de plus en plus développé, puisque trois des enfants produisent pour la première fois des [y] qu'ils distinguent des [u] visuellement très semblables; ce n'est qu'avec les informations visuelles et acoustiques combinées que l'on peut les différencier (Schwartz *et al.*, 2004; Robert-Ribes *et al.*, 1988). Pour la première fois également nous avons relevé pour chacun des enfants des [e] des [ɛ] qui sont les plus difficiles à produire vu les points d'ancrage articulaire moins précis (Selby *et al.*, 2000). Nous observons aussi une augmentation des voyelles moins *visibles*, (Serry et Blamey, 1999). Notons cependant que même si celui-ci a doublé, l'inventaire du sujet 2 demeure le plus restreint. C'est celui du sujet 4 qui s'est le plus développé.

Mentionnons aussi que le [a] postérieur qui figurait déjà dans l'inventaire du sujet 3 après 6 mois post-implantation et qui est apparu dans l'inventaire du sujet 4 après 12 mois en même temps que le [a] antérieur ne sera présent que chez ces deux sujets. Cela dépend peut-être de la région d'origine de l'enfant.

Tableau 4.2

Inventaires des voyelles produites par les sujets 1, 2, 3 et 4 à 18 et 24 mois post-implantation

	Sujet 1			Sujet 2			Sujet 3			Sujet 4		
	i	Occurences	%	i	Occurences	%	i	Occurences	%	i	Occurences	%
18 mois Post-IC	i	3	10	i	N/A	N/A	i	7	14	i	5	14
	e	4	13	e	N/A	N/A	e	6	12	e	9	24
	ɛ	3	10	ɛ	N/A	N/A	ɛ	1	2	ɛ	3	8
	a	10	32	a	N/A	N/A	a	18	36	a	7	19
	y	0	0	y	N/A	N/A	y	1	2	y	2	5
	ø	0	0	ø	N/A	N/A	ø	3	6	ø	0	0
	ə	0	0	ə	N/A	N/A	ə	2	4	ə	2	5
	ɑ	0	0	ɑ	N/A	N/A	ɑ	8	16	ɑ	4	11
	u	8	26	u	N/A	N/A	u	2	4	u	2	5
	o	3	10	o	N/A	N/A	o	2	4	o	2	8
Totaux		35	100		N/A	N/A		51	100		41	100
24 mois Post-IC	i	8	17	i	6	18	i	9	23	i	2	5
	e	4	9	e	4	12	e	6	21	e	4	10
	ɛ	2	4	ɛ	0	0	ɛ	1	3	ɛ	2	5
	a	13	28	a	14	42	a	4	10	a	18	44
	y	8	17	y	0	0	y	1	3	y	8	20
	ø	3	6	ø	0	0	ø	2	5	ø	1	2
	ə	3	6	ə	2	6	ə	1	3	ə	3	7
	ɑ	0	0	ɑ	0	0	ɑ	1	3	ɑ	0	0
	u	3	6	u	3	9	u	11	28	u	1	2

	o	3	6	o	2	6	o	3	8	o	1	21
	ɔ	1	2	ɔ	2	6	ɔ	0	0	ɔ	1	2
Totaux		38	100		34	100		40	100		42	100

4.1.3 À 18 mois post-implantation

Sujet 1 : 11 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. La perception variait considérablement d'un juge à l'autre, la même voyelle pouvant être perçue comme [e] [o] [ə] ou [u]. D'autres productions n'ont pu être retenues parce que couvertes par des bruits environnants ou chevauchement de parole. À ce stade, l'inventaire des voyelles retenues du sujet 1 est passé de 9 à 6 après 18 mois d'utilisation de l'implant. Cette fois, [y], [ø] et [ə] sont absents et [a] est majoritaire (32 %).

Sujet 2 : Les données ne sont pas disponibles. Des dossiers audio-visuels sonores étant inaudibles. Nous nous en sommes malheureusement rendue compte une fois l'analyse commencée.

Sujet 3 : 14% des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. Parmi les voyelles rejetées figurent : [i]-[e] et [e]- [ɛ] (confusion du trait aperture) et [a][ɔ] (confusion du trait arrondissement). Parmi celles qui n'ont pas été retenues à cause du chevauchement avec la parole de son père se retrouvent principalement [a] et [ɑ] déjà présents dans le discours de cet enfant, dont l'inventaire est passé de 9 à 10 voyelles après 18 mois d'utilisation de l'implant, la voyelle [ə] (4 %) s'étant ajoutée. Cette fois encore, ce sont [a] (36 %) et [ɑ] (16 %) et qui sont les plus représentés.

Sujet 4 : 23 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. Les sources de confusion concernaient cette fois surtout [e] et [ø](confusion du trait arrondissement)perçus pour une même voyelle ou encore [i] et [e] (confusion du trait aperture). Le schwa figure également à plusieurs reprises dans le choix des juges parmi les voyelles n'ayant pas été retenues [ə]-[ɔ], [ə]-[ø] (confusion du trait arrondissement). L'inventaire des voyelles du sujet

4 est passé de 10 à 9 après 18 mois d'utilisation de l'implant. À ce stade, le [e] (24 %) est le plus représenté et le [ɔ] est absent.

Il est surprenant de constater que l'inventaire semble atteindre un plateau, voire diminuer à 18 mois post-implantation. C'est ce qui s'est produit dans tous les cas, sauf dans celui du sujet 3 qui, rappelons-le a reçu son implant le plus tôt.

4.1.4 À 24 mois post-implantation

Sujet 1 : 23 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. Le désaccord concernait surtout les voyelles [ə] et [ø] perçues pour une même voyelle (confusion du trait arrondissement) et [i], [u] et [y] également perçus pour une même voyelle (même degré d'aperture, seul [i] est non-arrondi). Une fois de plus, des voyelles ont dû être ignorées en raison de bruit des jouets ou parce qu'elles étaient recouvertes par les interventions de l'orthophoniste ou de la mère de l'enfant. Les voyelles retenues sont au nombre de 10 pour le sujet 1 après 24 mois d'utilisation de l'implant. C'est encore une fois [a] (28 %) qui est le plus représenté.

Les productions du sujet 1, 24 mois après la pose de l'implant, se rapprochent de celles qui constituent l'inventaire de 12 mois post-implantation qui était déjà complet. À ce stade, aucun [ɔ] n'avait été produit, mais il l'avait été après 6 mois.

Sujet 2 : 19 % des voyelles ont été rejetées après désaccord général inter-juges. Les autres voyelles qui n'ont pas été retenues étaient quasi-inaudibles. Seulement cinq voyelles composent l'inventaire de cette enfant. Le [a] est majoritaire (42 %).

Nous ne pouvons malheureusement pas comparer les résultats du sujet 2 après 24 mois à ceux du troisième stade (18 mois), mais si l'on compare avec le stade 2 (12 mois post-implantation), on remarque que depuis ce temps, les trois voyelles postérieures soit : [u], [o] et [ɔ] ont fait leur apparition et si l'on considère toutes les voyelles de chacun des stades, il ne lui manque que [ø] pour que son inventaire soit complet.

Sujet 3 : 23 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. Les principales sources de désaccord concernent : [a]-[o] et [a]-[ɔ] (confusion du trait arrondissement). À ce stade, l'enfant décrit ce qu'elle voit dans un livre, donc aucune voyelle a été rejetée parce que recouverte par le bruit des jouets. Dix voyelles incluant [a] et [ɔ] forment l'inventaire du sujet 3. À ce stade, c'est le [u] (28 %) qui est le plus représenté.

Aucun [ɔ] ne figure dans l'inventaire du sujet 3. Cela est très surprenant pour plusieurs raisons : son nombre élevé de productions, le fait qu'elle ait reçu son implant plus tôt que les autres et qu'elle produise le [a] antérieur et le [ɑ] postérieur. Pourtant, en aucun cas 50% des juges ne se sont entendus sur la production d'un [ɔ] bien que nous en ayons relevés lors de la segmentation des voyelles. De plus, [ɔ] figure parmi les voyelles rejetées à chacun des stades du sujet 3. En effet, [ɔ] a été perçu par des juges dans 71 % des voyelles rejetées à 6 mois post-implantation, 22 % à 12 mois, 13% à 18 mois et enfin 30 % à 24 mois post-implantation. Il se peut que l'influence des parents (leur lieu d'origine) explique en partie l'absence de [ɔ]; en effet, là où nous nous attendrions à entendre [ɔ], la mère prononce [o]. Par exemple : copain → [kopɛ].

Sujet 4 : 29 % des voyelles ont été rejetées après l'accord inter-juges. Les principales voyelles concernées par le désaccord sont : [e]-[ɛ] (aperture) et [e]-[ø] (arrondissement). Parmi les voyelles que nous n'avons pu retenir à cause du bruit des jouets qui les recouvraient figuraient surtout [i] et [a] déjà présents dans l'inventaire. Dix voyelles sont produites dans l'inventaire du sujet 4 qui était déjà complet. C'est le [a] (44 %) qui est majoritaire.

4.2 Inventaire selon le lieu d'articulation

En somme, dans cette étude, il ne fait aucun doute que les changements les plus importants dans le développement des voyelles se produisent après 12 mois, soit un an d'utilisation de l'implant cochléaire. À ce moment, on se rend compte que l'inventaire a doublé ou presque, dans tous les cas. Cependant, après 18 mois on remarque un plateau voire une diminution des productions vocaliques. Après 24 mois, on ne note aucun changement

majeur. Une voyelle s'est ajoutée dans l'inventaire du sujet 4 : [ø] et deux dans l'inventaire du sujet 2 : [o] et [ɔ], mais dans ce cas, nous ne pouvons être certaine qu'ils n'aient vraiment été produits qu'après 24 mois puisque nous n'avons pas les données du troisième stade (18 mois post-implantation). À chacun des stades, ce sont l'arrondissement et l'aperture qui ont provoqué le plus de rejets de voyelles suite à l'accord inter-juges, et ce sont les productions du sujet 2 (implantée le plus tard) qui ont suscité le plus de désaccords généralisés de la part des juges.

4.2 Inventaire selon le lieu d'articulation

L'inventaire des voyelles nous donne un aperçu général des habiletés de ces quatre enfants. Reprenons maintenant toutes ces productions, stade par stade mais regroupées selon : le lieu d'articulation, puis l'aperture et enfin selon l'arrondissement.

Sont considérées antérieures les voyelles suivantes : [i], [e], [ɛ], [a], [y], [ø], [œ]

Sont considérées postérieures : [ɑ], [u], [o], [ɔ]

Est considérée centrale la voyelle : [ə] (Source : Martin (1996))

Tableau 4.3
Productions des voyelles des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon le lieu d'articulation.
(A = antérieures; C = centrales; P = postérieures)

		SUJET 1		SUJET 2		SUJET 3		SUJET 4	
		<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%
6 mois post-implantation	A	1	20	14	100	19	90	3	30
	C	2	40	0	0	0	0	1	10
	P	2	40	0	0	2	10	6	60
12 mois post-implantation	A	4	14	15	94	34	64	16	52
	C	2	7	1	6	0	0	3	10
	P	23	79	0	0	19	36	12	39
18 mois post-implantation	A	20	65	N/A	N/A	36	72	26	70
	C	0	0	N/A	N/A	2	4	2	5
	P	11	35	N/A	N/A	12	24	9	24
24 mois post-implantation	A	38	81	24	73	23	59	34	83
	C	3	6	2	6	1	3	3	7
	P	6	13	7	21	15	38	3	7

4.2.1 À 6 mois post-implantation

Sujet 1 : Les voyelles centrales et postérieures sont produites en proportions égales (40 %), alors que les voyelles antérieures ne représentent que 20 % des productions vocaliques à ce stade.

Sujet 2 : Seules des voyelles antérieures ont été produites à ce stade.

Sujet 3 : Une vaste majorité de voyelles antérieures (90 %) ont été produites à ce stade, contre seulement 10 % de voyelles postérieures. Tout comme le sujet 2, le sujet 3 n'a prononcé aucune voyelle centrale.

Sujet 4 : Les voyelles postérieures (60 %) sont largement majoritaires chez ce sujet, suivent les antérieures (30 %) et les centrales (10 %).

4.2.2 À 12 mois post-implantation

Sujet 1 : Cette fois, les postérieures sont largement majoritaires (79 %), suivies des antérieures (14 %) et des centrales (7 %).

Sujet 2 : Une fois de plus, les voyelles antérieures sont les plus représentées (94 %) au profit des centrales (6 %). Cette fois, aucune voyelle postérieure n'a été produite.

Sujet 3 : Comme au stade précédent, les voyelles antérieures sont les plus représentées (64 %) alors que toutes les autres sont des postérieures puisque aucune voyelle centrale n'a encore été produite.

Sujet 4 : La moitié des voyelles produites (52 %) sont des antérieures suivies de 39 % de voyelles postérieures et seulement 10 % de centrales.

4.2.3 À 18 mois post-implantation

Sujet 1 : Après 18 mois d'utilisation de l'implant, les deux-tiers (65 %) des voyelles produites par cet enfant sont des voyelles antérieures pour 35 % de postérieures et aucune centrale.

Sujet 2 : Données non-disponibles.

Sujet 3 : Tout comme au stade précédent, les voyelles antérieures sont majoritaires (72 %), suivies des postérieures (24 %) et seulement 2 % de voyelles centrales.

Sujet 4 : La répartition des voyelles de ce sujet à ce stade est comparable à celle des deux autres, c'est-à-dire une majorité de voyelles antérieures (70 %), suivies des voyelles postérieures (25 %) et seulement 5 % de voyelles centrales.

4.2.4 À 24 mois post-implantation

Sujet 1 : À ce stade, la répartition des voyelles selon le lieu d'articulation est semblable à celle du stade précédent. Les voyelles antérieures (81 %) sont les plus souvent produites, suivies des postérieures (13 %) et seulement 6 % de voyelles centrales.

Sujet 2 : Les voyelles antérieures (73 %) sont une fois de plus majoritaires au profit des postérieures (21 %) et des centrales (6 %).

Sujet 3 : La répartition des voyelles est comparable à celle du stade précédent. L'inventaire est constitué de voyelles antérieures (59 %) suivies des postérieures (38 %) et des centrales (1 %).

Sujet 4 : Une fois de plus les voyelles antérieures (83 %) occupent la plus grande place dans l'inventaire suivies des centrales et postérieures produites en proportions égales, soit 7 % chacune.

4.2.4.1 Résumé et interprétation des résultats

L'analyse de l'inventaire vocalique de quatre enfants sourds nous renseigne sur la manière dont son système vocalique est acquis. En effet, on peut observer la plus grande diversité entre les sujets à 6 mois post-implantation. On peut aussi constater que seuls les sujets 1 et 4 font appel aux trois lieux d'articulation. De plus, on y remarque une répartition plus « équitable » des voyelles que chez les deux autres sujets qui ont produit 100 % de voyelles antérieures dans le cas du sujet 2 et 90 % de voyelles antérieures pour seulement 10 % de postérieures chez le sujet 3. Les voyelles antérieures sont donc de loin les plus représentées chez les sujets 2 et 3 alors que ce sont les postérieures chez le sujet 4 et chez le sujet 1, les centrales sont aussi importantes que les postérieures.

Mis à part le sujet 1 chez qui les voyelles postérieures demeureront supérieures aux voyelles antérieures au cours des deux premiers stades post-implantation, nous pouvons observer aux stades 12, 18 et 24 mois les mêmes tendances que celles rapportées par les auteurs consultés : des voyelles surtout antérieures au début, puis une augmentation graduelle des voyelles postérieures. (Ertmer, 2001; Tye-Murray et Kirk, 1993; Robinshaw, 1996). Il

faut tout de même se rappeler que les voyelles antérieures sont beaucoup plus nombreuses en français que les voyelles postérieures : 7 antérieures, 4 postérieures et une centrale.

4.3 Inventaire selon l'aperture

Tableau 4.4

Tableau 4.4. Productions vocaliques des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon l'aperture (F = fermées; MF = mi-fermées; M = moyennes; MO = mi-ouvertes; O = ouvertes)

		SUJET 1		SUJET 2		SUJET 3		SUJET 4	
		<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%
6 mois post- implantation	F	1	20	4	29	7	33	8	80
	MF	0	0	4	29	1	5	1	10
	M	0	0	0	0	0	0	1	10
	MO	3	60	0	0	0	0	0	0
	O	1	20	6	43	13	62	0	0
12 mois post- implantation	F	11	38	9	56	9	17	4	13
	MF	8	28	1	6	12	23	3	10
	M	2	7	1	6	0	0	3	10
	MO	1	3	1	6	3	6	3	10
	O	7	24	4	25	29	55	18	58
18 mois post- implantation	F	11	35	N/A	N/A	10	20	9	24
	MF	7	23	N/A	N/A	11	22	12	32
	M	0	0	N/A	N/A	2	4	2	5
	MO	3	10	N/A	N/A	1	2	3	8
	O	10	32	N/A	N/A	26	52	11	30
24 mois post- implantation	F	18	38	9	27	21	54	11	27
	MF	10	21	6	18	11	28	6	15
	M	3	6	2	6	1	3	3	7
	MO	3	6	2	6	2	5	3	7
	O	13	28	14	42	5	13	18	44

4.3.1 À 6 mois post-implantation

Sujet 1 : À ce stade, le sujet 1 a surtout produit des voyelles mi-ouvertes (60 %), puis les ouvertes et les fermées (20 %) chacune. Notons l'absence de mi-fermées et du schwa à ce stade.

Sujet 2 : La majorité des voyelles produites sont des voyelles ouvertes (43 %) suivies des fermées et des mi-fermées (29 %) chacune. À ce stade, aucun schwa et aucune mi-ouverte n'ont été produits.

Sujet 3 : La grande majorité des voyelles produites sont des voyelles ouvertes (62 %), suivies des fermées (33 %) et d'un taux très faible de mi-fermées (5 %). À ce stade, aucun schwa et aucune voyelle mi-ouverte n'ont été produits.

Sujet 4 : Plus de 80 % des voyelles produites sont des fermées, suivies des mi-fermées et du schwa (10 %) chacun.

4.3.2 À 12 mois post-implantation

Sujet 1 : Cette fois, les voyelles le plus souvent produites sont les voyelles fermées (38 %), suivies des mi-fermées (28 %), des ouvertes (24 %) puis du schwa et mi-ouvertes dont le taux est inférieur à 8 %.

Sujet 2 : Après 12 mois d'utilisation de l'implant, la plus grande partie des voyelles produites est constituée de fermées (56 %), suivies des ouvertes (25 %) puis les mi-fermées, le schwa et mi-ouvertes dont le taux est inférieur à 7 %.

Sujet 3 : Cette fois encore, la majorité des voyelles produites sont les ouvertes (55 %), suivies des mi-fermées (23 %) et des fermées (17 %). Puis viennent les mi-ouvertes (6 %). À ce stade, seul le schwa n'a jamais été produit.

Sujet 4 : Alors que celui-ci n'avait produit aucune voyelle ouverte au stade précédent, elles sont maintenant majoritaires (58 %), suivies des ouvertes (13 %) et des mi-ouvertes, du schwa et mi-fermées représentant 10 % chacune.

4.3.3 À 18 mois post-implantation

Sujet 1 : Tout comme au stade précédent, les voyelles ouvertes sont les plus représentées (35 %), suivies de près par l'autre extrême, les ouvertes (32 %), puis les mi-fermées (23 %) et les fermées (10 %).

Sujet 2 : Données non-disponibles.

Sujet 3 : Une fois de plus, les voyelles ouvertes représentent la majorité des voyelles produites (52 %), suivies des mi-fermées (22 %), des fermées (20 %) puis du schwa et des mi-ouvertes dont le taux est inférieur à 5 %.

Sujet 4 : Après 18 mois post-implantation, les mi-fermées sont majoritairement représentées (32 %), suivies de peu par les ouvertes (30 %), les fermées (24 %) et le schwa et les mi-ouvertes dont le taux est inférieur à 9 %.

4.3.4 À 24 mois post-implantation

Sujet 1 : Les voyelles sont produites dans le même ordre qu'au stade précédent : les ouvertes, majoritaires (38 %), suivies des ouvertes (28 %), des mi-fermées (21 %) puis du schwa et des mi-ouvertes (6 %) chacune.

Sujet 2 : Les ouvertes représentent près de la moitié des voyelles produites (42 %), suivies des fermées (27 %), les mi-fermées (18 %) et du schwa et des mi-ouvertes (6 %) chacun.

Sujet 3 : Cette fois, les ouvertes représentent 54 % des voyelles produites, suivies des 28 %, des fermées (13%) puis le schwa et les mi-ouvertes dont le taux est inférieur à 6%.

Sujet 4 : Les voyelles ouvertes sont le plus souvent produites (44 %), suivies des ouvertes (27 %), les mi-fermées (15 %), puis le schwa et les mi-ouvertes (7 %) chacun.

4.3.4.1 Résumé et interprétation des résultats

Nous pouvons observer que c'est à 6 mois post-implantation que les différences entre les sujets sont le plus marquées. Le sujet 1 produit des voyelles fermées, mi-ouvertes et ouvertes alors que le sujet 2 et le sujet 3 produisent des voyelles fermées, mi-fermées et ouvertes et le sujet 4 produit des fermées, mi-fermées et des schwa. Notons qu'à ce stade, seul le sujet 4 produit des schwa. À 12 mois, on observe, en termes de pourcentages, une augmentation des voyelles ouvertes chez les sujets 1 et 2, des mi-ouvertes chez les sujets 1 et 3 alors qu'elles se maintiennent chez le sujet 4. C'est la première fois qu'on retrouve à la fois de mi-ouvertes et des mi-fermées chez tous les sujets. Ceci nous indique que le contrôle moteur commence à se faire plus précis (Robb *et al.* 1999). Ces degrés d'aperture sont beaucoup plus difficiles à distinguer visuellement que les degrés ouvert/fermé. De plus, les productions de schwa augmentent chez le sujet 4 alors qu'on les entend pour la première fois chez les trois autres sujets. Pour ce qui est des voyelles mi-ouvertes, elles diminuent considérablement chez le sujet 1 alors qu'elles sont produites à peu près dans les mêmes proportions chez les trois autres sujets.

Après 18 mois d'utilisation de l'implant, l'évolution est davantage semblable entre les sujets où le schwa et les mi-ouvertes sont beaucoup moins représentés que les autres, tendance qui se confirme après 24 mois alors qu'il est intéressant de souligner que le schwa et les mi-ouvertes sont produits dans des proportions quasi-similaires et d'un sujet à l'autre. On observe enfin une meilleure répartition des voyelles selon les degrés d'aperture à partir du 24^e mois post-implantation.

4.4 Inventaire selon l'arrondissement

Tableau 4.5
 Production des voyelles des Sujets 1, 2, 3 et 4 classées selon l'arrondissement
 (A = arrondies; N = non-arrondies)

		SUJET 1		SUJET 2		SUJET 3		SUJET 4	
		<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>	%	<i>Occurrences</i>		<i>Occurrences</i>	%
6 mois post- implantation	A	2	40	0	0	3	14	6	60
	NA	3	60	14	100	18	86	4	40
12 mois post- implantation	A	6	21	1	6	8	15	5	16
	NA	23	79	15	94	45	85	26	84
18 mois post- implantation	A	11	35	N/A	N/A	8	16	7	19
	NA	20	65	N/A	N/A	42	84	30	81
24 mois post- implantation	A	17	36	7	21	18	46	15	37
	NA	30	64	26	79	21	54	26	63

4.4.1 À 6 mois post-implantation

Sujet 1 : Les voyelles non-arrondies sont plus fréquentes que les arrondies (respectivement 60 % et 40 %).

Sujet 2 : Seulement des voyelles non-arrondies ont été produites.

Sujet 3 : Plus de voyelles non-arrondies ont été produites (86 %) que de voyelles arrondies (14 %).

Sujet 4 : Les résultats sont les mêmes que ceux du sujet 1; cette fois ce sont 60 % de voyelles arrondies qui ont été produites et 40% de non-arrondies.

4.4.2 À 12 mois post-implantation

Sujet 1 : Tout comme au stade précédent, les voyelles non-arrondies sont plus représentées que les voyelles arrondies (respectivement 79 % et 21 %). Si le [o] avait été retenu chaque fois qu'il été perçu par une minorité de juges, on retrouverait 10 % de plus de voyelles arrondies. Les voyelles non-arrondies demeureraient cependant supérieures en nombre.

Sujet 2 : Les résultats sont semblables à ceux du stade précédent : les voyelles non-arrondies sont largement majoritaires (94 %) au profit des voyelles arrondies (6 %).

Sujet 3 : Les taux de productions sont quasi-identiques à ceux du stade précédent : 85 % de non-arrondies et 15 % d'arrondies. Si [o], [u] ou [ɔ] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 13 % de plus d'arrondies. Les non-arrondies demeureraient supérieures en nombre.

Sujet 4 : Contrairement au stade précédent, le nombre de voyelles non-arrondies est supérieur à celui des arrondies (respectivement 84 % et 16 %). Si [a], [ɔ] et [ø] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 13 % de plus d'arrondies. Les non-arrondies demeureraient toutefois supérieures en nombre.

4.4.3 À 18 mois post-implantation

Sujet 1 : On remarque moins d'écart entre les voyelles non-arrondies (65 %) et les arrondies (35 %) qu'au stade précédent.

Sujet 2 : Données non-disponibles.

Sujet 3 : On observe une très grande stabilité chez ce sujet par rapport aux deux stades précédents : 84 % de non-arrondies et 16% d'arrondies. Si [o] et [ɔ] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 4 % de plus d'arrondies. Les non-arrondies demeureraient supérieures en nombre.

Sujet 4 : Ici aussi on observe une constance par rapport au stade précédent : 81 % de non-arrondies et 19 % d'arrondies. Si [ø] et [ɔ] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 16 % de plus d'arrondies. Les non-arrondies demeureraient supérieures en nombre.

4.4.4 À 24 mois post-implantation

Sujet 1 : Les résultats sont quasi-similaires à ceux du stade précédent avec 64% de voyelles non-arrondies et 36 % de voyelles arrondies. Si [ø], [u] et [y] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 17 % de plus d'arrondies. Les non-arrondies demeureraient supérieures en nombre.

Sujet 2 : Les voyelles non-arrondies sont plus fréquentes que les voyelles arrondies (respectivement 79 % et 21 %).

Sujet 3 : On observe cette fois un changement considérable, puisque le taux de voyelles arrondies se rapproche de celui des voyelles non-arrondies (respectivement 46 % et 54 %). Si [ø], [u], [o], [ɔ] ou [y] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 23 % de plus d'arrondies. Celles-ci seraient donc supérieures en nombre.

Sujet 4 : Ici aussi, on remarque un peu moins d'écart entre les voyelles arrondies (37 %) et les non-arrondies (63 %). Si [ø], [y] ou [u] [y] avaient été retenus chaque fois qu'ils ont été perçus par une minorité de juges, on aurait 21% de plus d'arrondies. Arrondies et non-arrondies seraient alors en proportions à peu près égales.

4.4.4.1 Résumé et interprétation des résultats

Ce sont les voyelles non-arrondies qui sont supérieures en nombre au cours des 24 mois suivant la pose de l'implant sauf dans le cas du sujet 4 après 6 mois qui, rappelons-le produit une série de [u], phénomène rapporté dans la littérature. Après 12 mois, on observe encore une disproportion marquée entre le taux de voyelles arrondies et non-arrondies. Cette disproportion tend à diminuer aux 18^e et 24^e mois post-implantation.

4.5 Conclusion générale

Après 6 mois d'utilisation de l'implant cochléaire, l'inventaire des voyelles demeure restreint d'une manière générale. C'est aussi à ce stade que les différences entre les sujets sont les plus marquées. Cependant, après un an, on observe une augmentation significative des voyelles produites chez tous les sujets. En effet, deux des enfants produisent désormais toutes les voyelles orales du français. Le feedback auditif de plus en plus entraîné permet de distinguer les sosies labiaux [u] et [y].

À 18 mois post-implantation, on remarque une stagnation, dans certains cas même, une diminution des productions vocaliques. Aucun changement majeur n'a été observé après 24 mois. Il manque encore une voyelle pour compléter l'inventaire des sujets 2 et 3.

En termes d'aperture, c'est également après 6 mois qu'on observe le plus de différences entre les sujets. La seule similitude réside dans la très faible production de schwa, produit par un seul sujet. À 12 mois cependant, grâce à un meilleur contrôle moteur, tous les sujets produisent des voyelles mi-ouvertes et mi-fermées. De plus, on remarque une augmentation significative de schwa. À 18 mois, les mi-ouvertes et le schwa sont beaucoup moins représentés que les autres chez tous les sujets; cette tendance est maintenue à 24 mois.

Tout comme pour l'inventaire des voyelles et pour l'aperture, c'est à 6 mois post-implantation qu'on observe une plus grande variété entre les sujets dans le classement selon le lieu d'articulation. Deux des sujets utilisent déjà les trois lieux d'articulation, il faudra attendre à 24 mois pour que cela soit uniforme.

Enfin, en ce qui a trait à l'arrondissement, les voyelles non-arrondies seront majoritaires à tous les stades post-implantation (sauf après 6 mois chez le sujet 4).

Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Goud (2004) dont l'analyse prend cependant fin à 18 mois post-implantation. Goud (2004) note également un inventaire restreint après 6 mois qu'elle associe à un contrôle moteur peu précis dû à une courte expérience auditive. C'est à ce stade que les différences sont le plus marquées entre ses sujets qui produisent toutefois chacun une majorité de [a] suivis du [i].

Sa recherche démontre également des changements majeurs après 12 mois où elle constate que l'inventaire est beaucoup plus riche, le feedback auditif étant de plus en plus important dans l'organisation de la parole. Après 18 mois, on note peu d'évolution par rapport au stade précédent où certains phonèmes comme [u] et [ɔ] se font rares ou absents.

En termes d'aperture, elle note à 12 et 18 mois une évolution comparable entre les sujets où comme dans notre recherche, les mi-ouvertes et mi-fermées demeureront stade après stade les moins représentées, à l'exception d'un sujet à 6 mois post-implantation, dans les deux études.

En ce qui concerne le lieu d'articulation, les différences entre les sujets sont plus marquées à 6 mois post-implantation où ses deux sujets utilisent toutefois déjà les trois lieux d'articulation. Les voyelles antérieures et centrales connaîtront une augmentation supérieure à celle des postérieures dans les deux cas, mais alors que l'un des sujets présente une augmentation graduelle des voyelles postérieures, l'autre démontre exactement le contraire au cours des deux autres stades.

Enfin, pour ce qui est de l'arrondissement, les résultats sont semblables aux nôtres : les non-arrondies sont majoritaires sauf, dans le cas d'un enfant à 6 mois post-implantation et ce, dans les deux études.

Maintenant que nous avons pris connaissance de l'inventaire vocalique de chaque sujet, nous pouvons procéder à l'analyse formantique de ces productions.

CHAPITRE V

ANALYSE FORMANTIQUE

Nous avons vu l'inventaire des voyelles de chacun des enfants à chacun des stades 6, 12, 18 et 24 mois post-implantation. Nous avons ensuite analysé cet inventaire selon le degré d'aperture, le lieu d'articulation et l'arrondissement de ces voyelles. Nous allons maintenant procéder à l'analyse des valeurs formantiques mesurées pour chacune des voyelles produites. Les ellipses tracées à 1,5 écart type autour de la moyenne nous permettront, stade après stade, d'évaluer la précision et la distinction des voyelles produites entre elles. Quant aux nombres figurant à l'intérieur des graphiques, ils indiquent la distance euclidienne séparant les catégories vocaliques dans l'espace acoustique. Les distances présentées dans les graphiques suivants seront toujours celles qui ont été calculées entre [i], [a] et [u]. Les autres sont présentées en annexes.

5.1 Résultats concernant le sujet 1

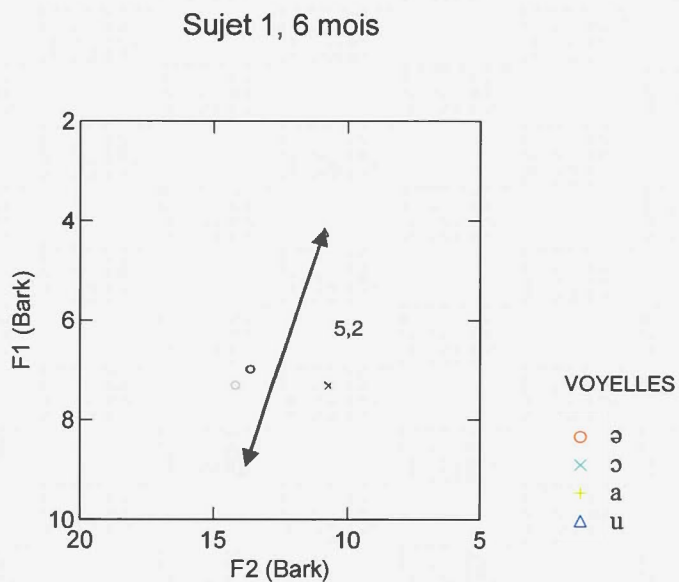


Figure 5.1 Distances euclidiennes de centre à centre des ellipses.

Le sujet 1 a produit peu de voyelles à 6 mois post-implantation. Nous n'avons qu'une seule occurrence pour chaque voyelle sauf pour le schwa dont les deux occurrences sont relativement rapprochées. Quant à l'emplacement des autres voyelles, il nous permet de constater que l'espace vocalique est réduit.

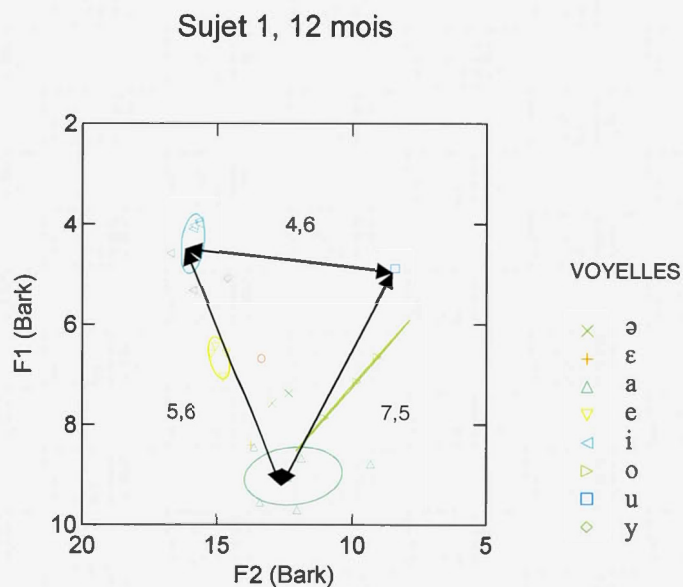


Figure 5.2 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 12 mois post-implantation, les ellipses nous permettent de constater que [i] et [e] sont distincts l'un de l'autre et produits avec assez de précision puisqu'ils sont rapprochés à l'intérieur de l'ellipse. Comme au stade précédent, les deux schwa sont regroupés, contrairement à [a] et [o], qui sont plutôt dispersés. Nous ne disposons que d'une seule occurrence pour les quatre autres voyelles produites; il est donc difficile d'en tirer quelque conclusion. La distance entre [a] et [u] s'est agrandie passant de 5,2 Bark à 7,5 Bark.

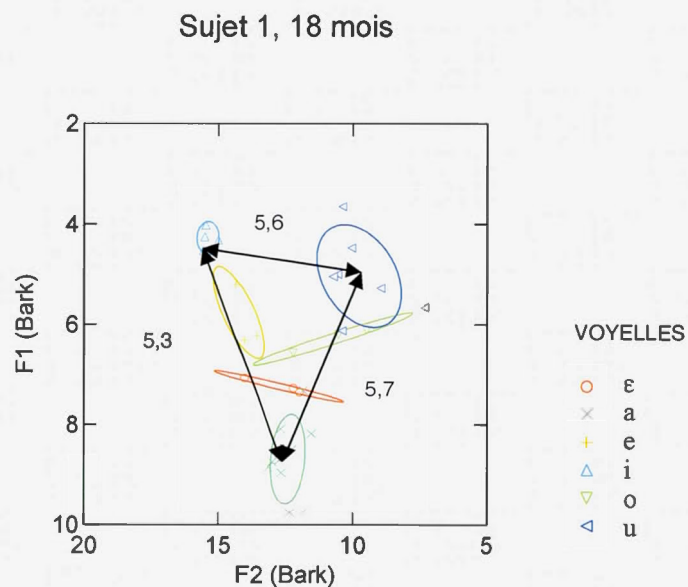


Figure 5.3 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 18 mois, [i] et [a] semblent encore plus précis, alors que [e] est plus dispersé par rapport au stade précédent. Nous avons pour la première fois plusieurs occurrences de [u] qui ne sont pas encore très précis, pas plus que [o] et [ε]. Cependant, la distance entre [i] et [u] qui était de 4,6 Bark est maintenant de 5,6 Bark.

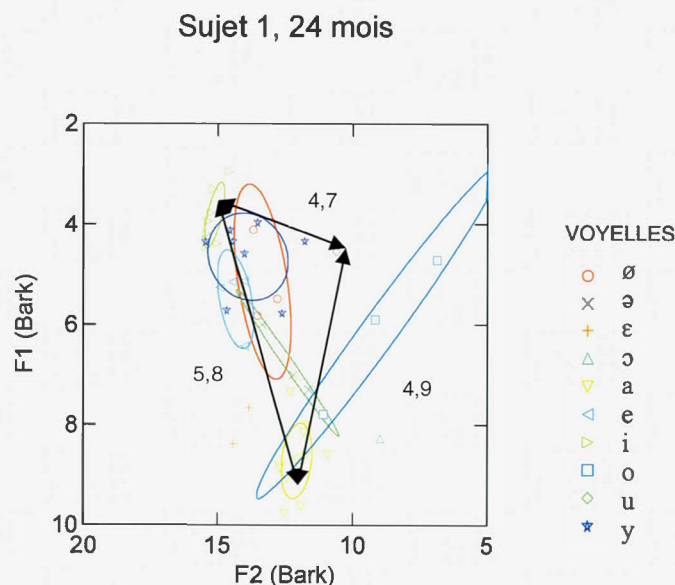


Figure 5.4 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 24 mois, [i], [a], [ε] et [u] sont produits avec le plus de précision; précisons toutefois que ces deux dernières voyelles ne comptent que deux occurrences chacune. La voyelle [e] est comparable au stade précédent en termes de précision, le schwa est plus dispersé qu'à 12 mois, mais il compte plus d'occurrences. Enfin, [y], [o] et [ø] sont les plus dispersées, donc les moins précises. Quant à [ɔ], nous ne disposons que d'une occurrence. À ce stade, seule la distance entre [i] et [a] est supérieure à celle du stade précédent. De 5,3 Bark, elle est passée à 5,8 Bark. La distance entre [i] et [u] qui était de 5,6 Bark au stade antérieur est passée à 4,7 Bark et celle entre [u] et [a] qui était de 5,7 Bark est réduite à 4,9 Bark. Mais cela est peut-être dû au contexte dans lequel ces voyelles ont été produites.

En somme, à partir de 12 mois post-implantation, on constate une distinction des voyelles entre elles. En effet, les ellipses de [i] et [e] sont espacées. De plus, ces deux voyelles semblent être produites avec une certaine précision, puisque leurs ellipses sont plus petites que celle de [a] et celle de [o]. À 18 mois, [a] se fait plus précis. À 24 mois, les voyelles produites avec le plus de précision par le sujet 1 sont [i], [a], [ε] et [u], alors que les moins

précises sont [y], [o] et [ø]. Pour ce qui est des distances, c'est à 12 mois que les ellipses sont les plus espacées. Elles tendent par la suite à se rapprocher à l'exception de [i] et [a] dont la distance continue de s'accroître jusqu'à 24 mois.

5.2 Résultats concernant le sujet 2

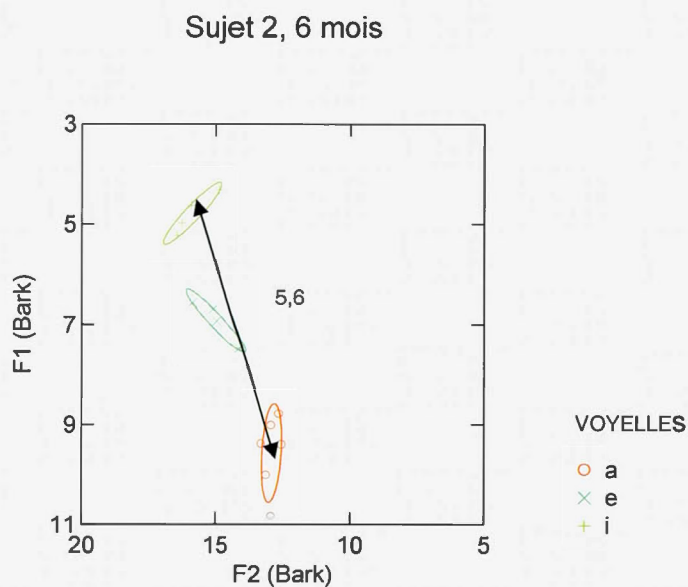


Figure 5.5 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

Les trois voyelles qui figurent dans ce graphique démontrent une certaine précision et surtout, une distinction bien nette l'une par rapport à l'autre.

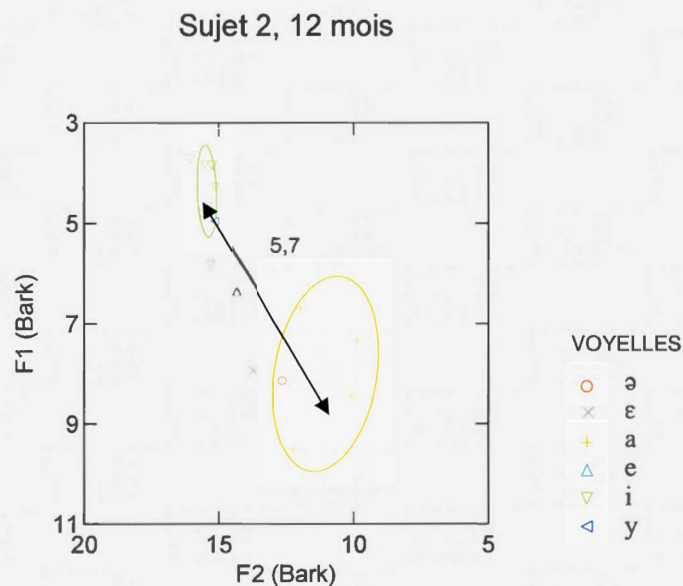


Figure 5.6 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 12 mois, le [i] demeure précis, par contre [a] l'est moins qu'au stade précédent. Les quatre autres voyelles ne comptent qu'une occurrence, mais nous pouvons tout de même observer une distinction claire entre [e] et [ε]. La distance entre [i] et [a] est à peu près égale à celle du stade précédent. Elle est en effet passée de 5,6 Bark à 5,7 Bark.

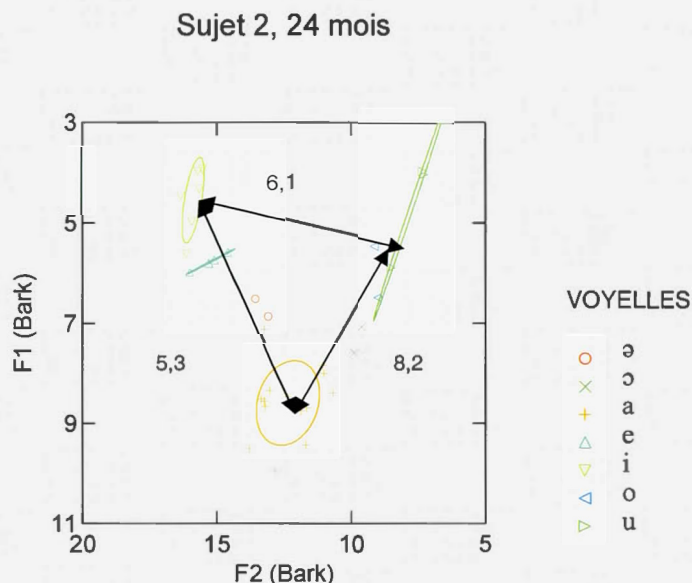


Figure 5.7 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 24 mois, les ellipses tracées autour de [i], [e] et [a] nous démontrent que ces voyelles sont produites avec plus de précision que les autres. Le schwa, le [ɔ] et le [o] semblent assez précis, bien que nous ne disposions que de deux occurrences. Quant au [u], qui figure pour la première fois dans l'inventaire de ce sujet, il est le moins précis. Par rapport à 12 mois, la distance entre [i] et [a] est moindre, passant de 5,7 Bark à 5,3 Bark.

Pour conclure, après 6 mois d'expérience auditive, le sujet 2 produit avec précision les trois seules voyelles que contient son inventaire. À 12 mois, [a] est moins précis qu'au stade antérieur, [e] et [i] sont bien distincts. De plus, la distance entre [i] et [a] a augmenté. À 24 mois, les voyelles produites avec le plus de précision sont [i], [e] et [a], alors que [u] est le moins précis.

5.3 Résultats concernant le sujet 3

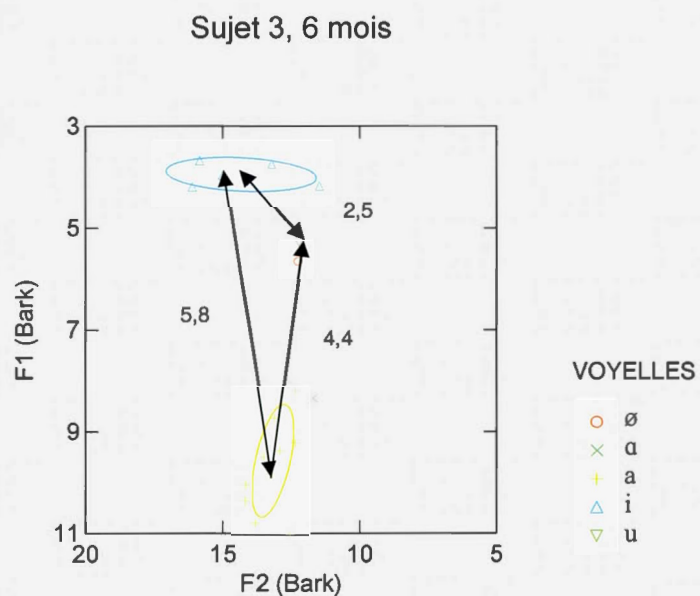


Figure 5.8 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À ce stade, nous observons des ellipses peu précises, surtout le [i] qui couvre une vaste étendue. La faible distance entre [i] et [u] s'explique par une valeur moyenne en F2 pour [i] qui est de 14 Bark et une valeur moyenne du [u] en F2 qui est de 12 Bark. Ces moyennes sont très rapprochées.

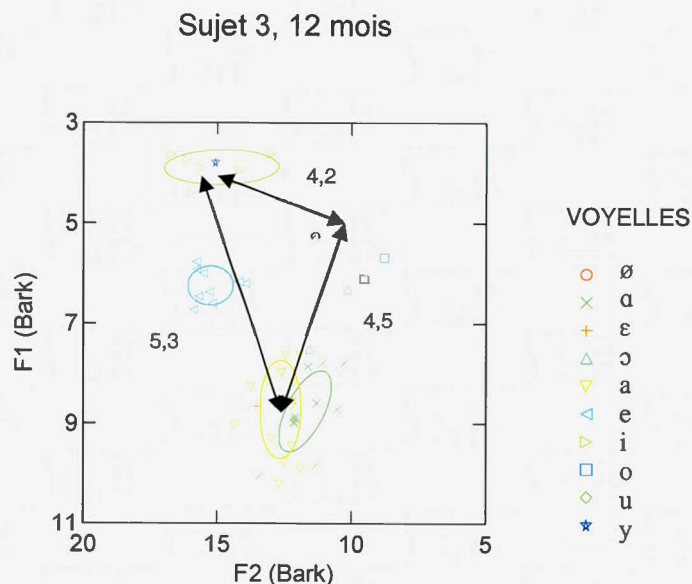


Figure 5.9 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

Ce graphique comporte beaucoup plus de voyelles que celui du stade précédent. La voyelle [i] manque toujours de précision, alors que les occurrences de [e], absent du stade précédent, sont déjà très rapprochées. Il est intéressant de constater que [a] et [ɑ] sont distincts l'un de l'autre. Les autres voyelles ne sont pas encore très précises, à part peut-être [u] dont nous ne disposons que de deux occurrences. La distance entre [i] et [u] est passée de 2,5 Bark à 4,2 Bark et celle entre [i] et [ɑ] de 4,4 Bark à 4,5 Bark.

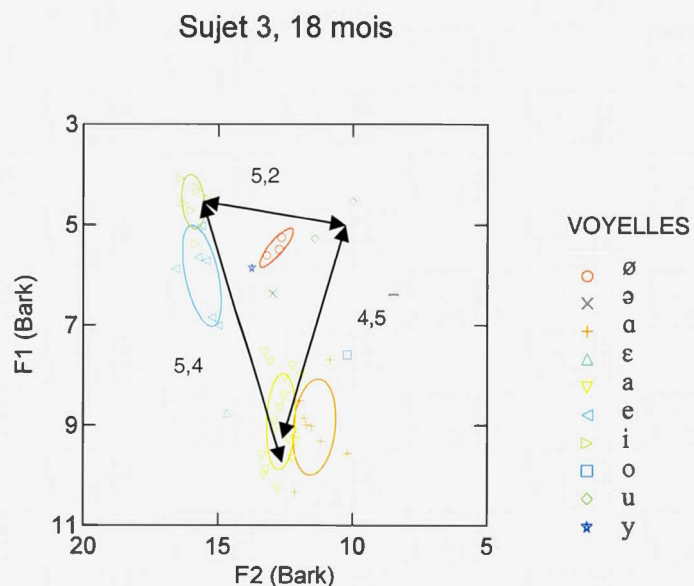


Figure 5.10 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

Le premier phénomène à observer à ce stade, 18 mois post-implantation, est la distinction claire entre les [a] antérieur et le [a] postérieur. Les voyelles [i] et [ø] sont produites avec le plus de précision et les deux occurrences de [u] sont plus rapprochées qu'au stade précédent. Cependant, les deux occurrences de [o] sont plus espacées qu'au stade précédent. La distance entre [i] et [a] est demeurée sensiblement la même, de 5,3 Bark elle est passée à 5,4 Bark tout comme celle entre [a] et [u] qui est demeurée à 4,5 Bark. Or, on remarque que la distance entre [i] et [u] continue d'accroître, passant de 4,2 Bark à 5,2 Bark.

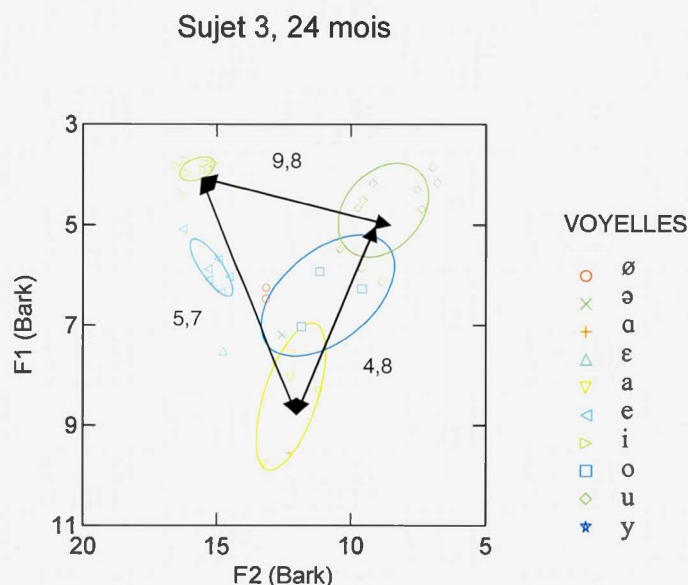


Figure 5.11 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 24 mois post-implantation, [i], [e] et [ø] sont les voyelles les plus précises. Nous observons beaucoup plus d'occurrences de [u]. De plus, ces occurrences de [u] sont considérablement plus postérieures qu'aux stades précédents, leur valeur moyenne étant passée de 12 Bark à 9 Bark en F2. Quant aux [a], nous en remarquons une baisse d'occurrences. Enfin, il y a peu de changement en ce qui concerne [o]. À ce stade, toutes les distances sont supérieures à celles du stade précédent, l'espace vocalique est donc beaucoup plus vaste.

Bref, à 12 mois post-implantation, les voyelles produites avec le plus de précision par ce sujet sont [e], [a] et [ɑ]. Les voyelles produites avec le plus de précision après 18 mois sont [i] et [ø]. Après 24 mois, les voyelles les plus précises sont [e], [a] et [ɑ]. Enfin, en ce qui concerne la distance entre les ellipses, elle s'est accrue de manière générale. C'est toutefois la distance entre [i] et [u] qui a augmenté le plus, stade après stade, passant de 2,5 Bark à 9,8 Bark. Nous avons donc un espace vocalique beaucoup plus vaste à 24 mois.

5.4 Résultats concernant sujet 4

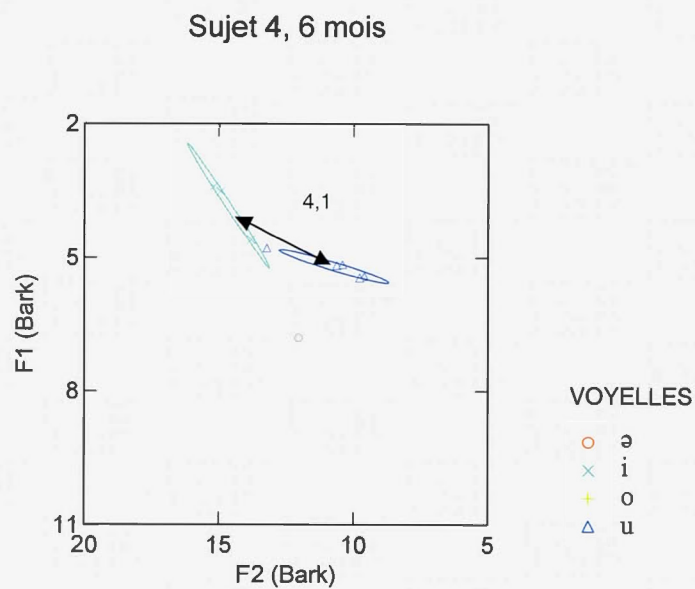


Figure 5.12 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

Après 6 mois d'expérience auditive, l'inventaire vocalique de ce sujet est restreint. On peut tout de même constater que le [i] est peu précis, moins que le [u].

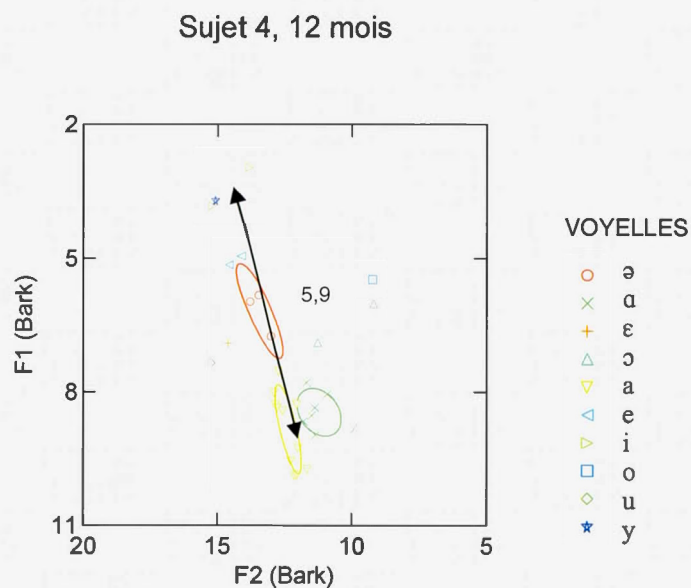


Figure 5.13 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 12 mois, l'inventaire du sujet 4 est beaucoup plus vaste qu'au stade précédent, mais l'espace vocalique est encore très réduit. Nous pouvons observer une distinction claire entre le [a] antérieur et le [a] postérieur. À part la voyelle [e], dont nous ne comptons que deux occurrences, on constate que la production des voyelles manque encore de précision.

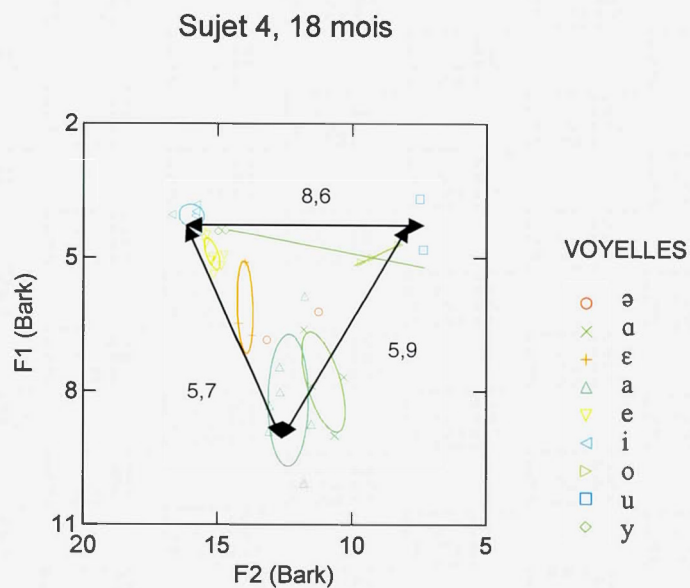


Figure 5.14 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À 18 mois post-implantation, les voyelles [i], [e] et [o] sont produites avec précision. En effet, ce sont les plus regroupées. Les voyelles [a] et [ɑ] demeurent bien distinctes l'une de l'autre. À ce stade, on note un élargissement de l'espace vocalique. La distance entre [i] et [a] a diminué par rapport au stade précédent passant de 5,9 Bark à 5,7 Bark.

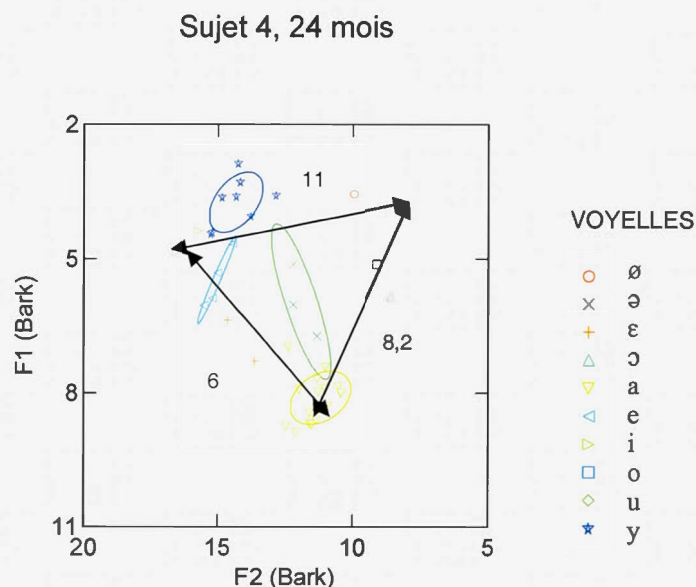


Figure 5.15 Distances euclidiennes de centre à centre des voyelles.

À ce stade, seul le [a] antérieur a été perçu par les juges pour le sujet 4. Ce [a] est produit avec plus de précision que les autres voyelles. Les ellipses tracées autour de [i] et [e] sont plus espacées qu'aux stades antérieurs. Nous observons également un nombre considérable de [y] plus précis que le schwa. Toutes les distances sont supérieures à celles du stade précédent. La distance entre [i] et [a] est passée de 5,7 Bark à 6 Bark, celle entre [i] et [u] est passée de 8,6 Bark à 11 Bark et celle entre [a] et [u], de 5,9 Bark à 8,2 Bark. La taille du trapèze s'est donc élargie.

Bref, après 12 mois d'expérience auditive, aucune voyelle produite par ce sujet n'est bien précise. Nous pouvons tout de même constater une distinction claire entre le [a] antérieur et le [a] postérieur. À 18 mois, les voyelles produites avec le plus de précision sont [i], [e] et [o]. La distance entre les ellipses est considérable, la taille du trapèze augmente. Enfin, à 24 mois, la voyelle la plus précise est [a] et les distances déjà importantes entre les voyelles ont poursuivi leur accroissement.

De manière générale, on remarque plus de précision dans la production des voyelles et une meilleure distinction entre elles. Généralement la voyelle [i] figure parmi les premières voyelles les plus précises, suivie de [e] et [a], alors que [u] figure parmi les dernières. Les voyelles dont la précision se démarque, entre l'acquisition de [i], [e] et [a] et celle de [u], varient selon les sujets. Le sujet 3 est celui dont les ellipses se sont éloignées le plus et ce, de manière graduelle et régulière. Rappelons que cette enfant a reçu son implant cochléaire plus tôt que les trois autres. Quant au sujet 1, c'est à 12 mois post-implantation que l'on remarque les plus grands bouleversements. Les distances entre les ellipses tendent à s'amoinrir à 18 mois et encore plus à 24, mois à l'exception de la distance entre [i] et [a]. En ce qui concerne le sujet 2, l'inventaire restreint des deux premiers stades et l'absence d'informations concernant le troisième stade limite la portée de nos conclusions, or au quatrième stade, 24 mois post-implantation on observe des ellipses éloignées l'une de l'autre. Enfin, tout comme celui du sujet 2, l'inventaire limité du sujet 4 aux deux premiers stades limite nos conclusions, mais on constate que les ellipses sont éloignées après 18 mois et davantage encore à 24 mois.

Il semble que ce soient les sujets 1 et 3 qui démontrent le plus d'acuité dans leurs productions vocaliques. Rappelons que le sujet 1 a reçu son implant cochléaire quelques mois plus tard que le sujet 3, donc plus tôt que les sujets 2 et 4. Une fois de plus, les inventaires limités de ces deux sujets rendent la conclusion difficile, mais il semble que le sujet 4 ait atteint un degré de précision dans sa production des voyelles plus tôt que le sujet 2.

Nous avons analysé la taille des ellipses entourant toutes les voyelles produites par chacun des sujets de 6 à 24 mois post-implantation. Puis, nous avons observé l'évolution de la distance des ellipses. Dans la prochaine partie, nous analyserons l'évolution de la taille maximale des trapèzes de chacun des enfants à chacun des stades.

CHAPITRE VI

ESPACE VOCALIQUE MAXIMAL

Au cours de ce chapitre, nous allons analyser l'évolution de la taille maximale des trapèzes vocaliques pour chacun des sujets à chacun des stades post-implantations. À la suite de Rvachew (2006), nous avons sélectionné la voyelle la plus grave, la plus aiguë, la plus compacte et la plus diffuse, afin de délimiter l'espace acoustique utilisé par le locuteur à chaque stade. Rappelons que le terme *grave* fait référence à la moyenne des valeurs de F1 et F2 la plus basse et le terme *aiguë*, à la moyenne des valeurs de F1 et F2 la plus élevée. Quant au terme *diffuse*, rappelons-le, il s'agit de la voyelle ayant les valeurs formantiques F1 et F2 les plus éloignées, enfin, le terme *compacte*, il fait référence à la voyelle ayant les valeurs formantiques F1 et F2 les plus rapprochées.

6.1 Résultats du sujet 1

Sujet 1

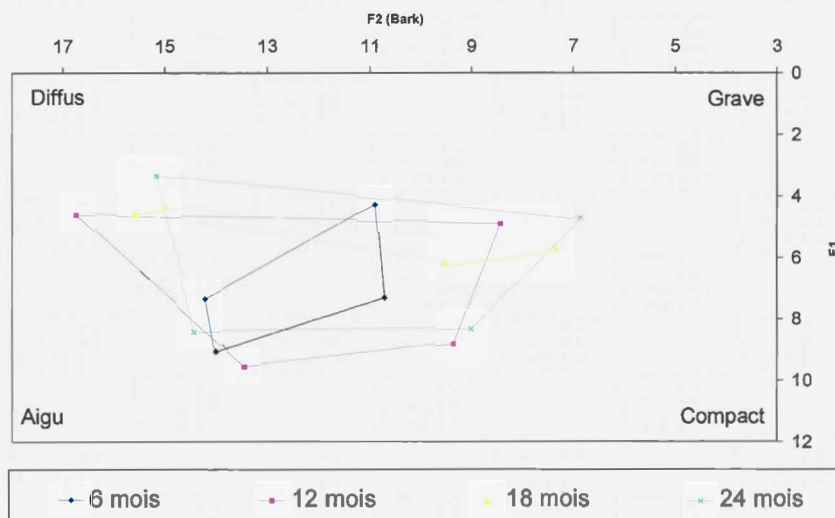


Figure 6.1 Espace vocalique maximal dans le plan F1 vs F2.

Tableau 6.1

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus compactes pour chacun des stades post-implantation

À 6 mois	À 12 mois	À 18 mois	À 24 mois
Grave : [u]	Grave : [u]	Grave : [u]	Grave : [o]
Aiguë : [a]	Aiguë : [a]	Aiguë : [i]	Aiguë : [ɛ]
Diffuse : [ə]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]
Compacte : [ɔ]	Compacte : [a]	Compacte : [o]	Compacte : [ɔ]

À 6 mois post-implantation, le sujet 1 a produit des voyelles très centralisées si l'on en juge par les valeurs très élevées en F2 pour les voyelles postérieures. La valeur très élevée en F1 dans le coin diffus est sûrement due à l'absence de [i].

À 12 mois, la taille de son trapèze est beaucoup plus étendue. On voit que la voyelle [a] couvre tout l'espace aigu-compact, que le coin diffus s'est beaucoup antériorisé et le coin grave s'est beaucoup postériorisé. Par rapport au stade antérieur, on constate que c'est dans l'axe diffus-grave que l'expansion s'est produite.

À 18 mois, on observe un maintien dans l'axe aigu-grave, alors que les valeurs de F2 sont très semblables pour les voyelles ouvertes. (cf. figure 5.3)

À 24 mois, par rapport à 18 mois, nous n'observons pas d'expansion notable dans l'axe diffus-grave. Concernant l'axe aigu-compact, on observe une expansion de celui-ci alors que la voyelle [a] est encore très centralisée; elle ne figure donc dans aucun des coins.

Bref, pour ce sujet, à l'instar de Rvachew (2006) on observe une expansion dans l'axe diffus-grave plutôt que dans l'axe aigu-compact. Par contre, il semblerait que ce soit plutôt le coin grave qui ait pris de l'expansion.

6.2 Résultats concernant le sujet 2

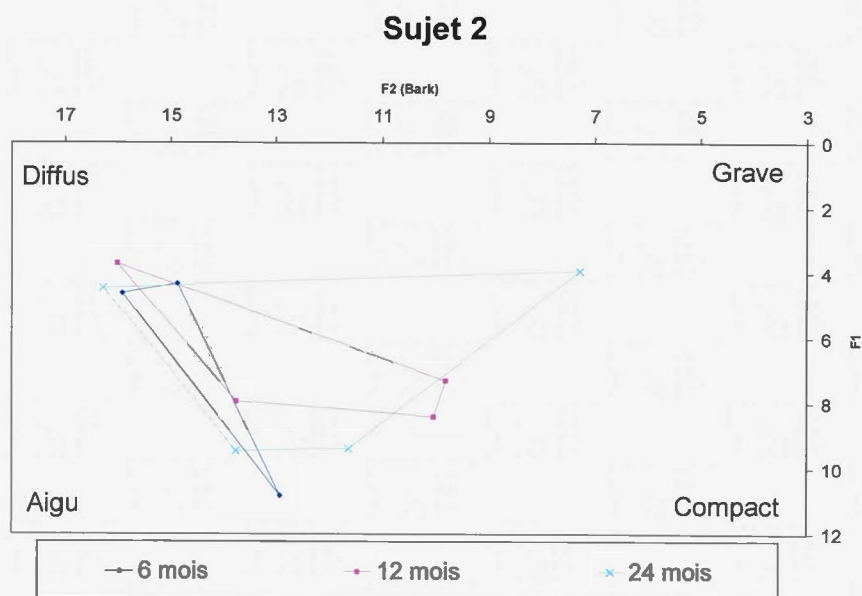


Figure 6.2 Espace vocalique maximal dans le plan F1 vs F2.

Tableau 6.2

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus compactes pour chacun des stades post-implantation

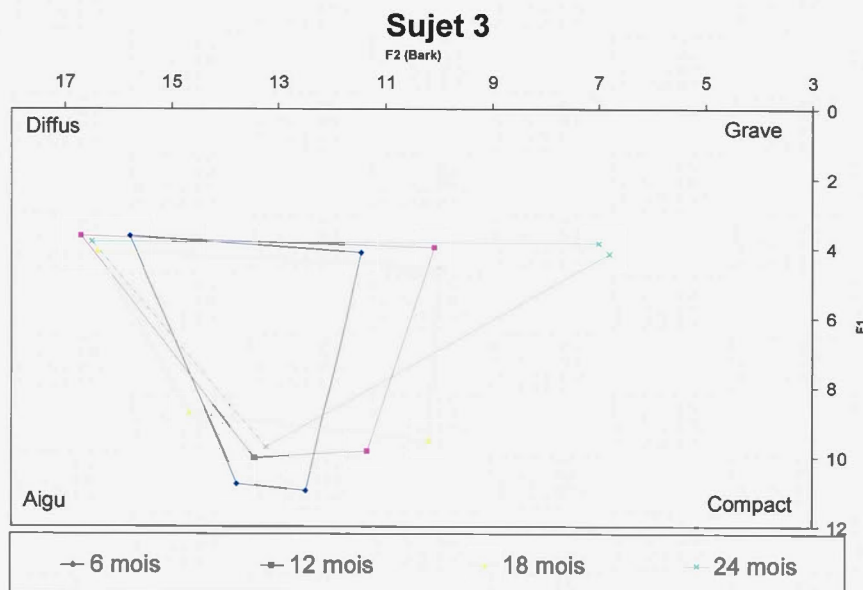
À 6 mois	À 12 mois	À 24 mois
Grave : [i]	Grave : [a]	Grave : [u]
Aiguë : [a]	Aiguë : [ε]	Aiguë : [a]
Diffuse : [i]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]
Compacte : [a]	Compacte : [a]	Compacte : [a]

À 6 mois, le trapèze est difficile à analyser, car le sujet 2 n'a produit que trois voyelles antérieures. Nous pouvons cependant constater que l'espace vocalique est très étendu en F1.

À 12 mois, nous pouvons observer une diminution des valeurs en F1 de toutes les voyelles. L'inventaire vocalique nous empêche, une fois de plus, de tirer quelque conclusion quant à l'axe grave-compact, puisque aucune voyelle postérieure n'a encore été produite.

À 24 mois nous ne pouvons rien conclure en ce qui concerne l'axe diffus-grave, puisque aucune voyelle postérieure n'avait encore été produite. Bref, conformément aux résultats de Rvachew (2006), nous avons observé une baisse des valeurs de F1 surtout flagrante entre 6 et 12 mois post-implantation. Notons que l'apparition tardive des voyelles postérieures nous empêchent d'apporter quelque conclusion concernant l'axe diffus-grave.

6.3 Résultats concernant le sujet 3

**Figure 6.3** Espace vocalique maximal, plan F1 vs F2.**Tableau 6.3**

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus compactes pour chacun des stades post-implantation

À 6 mois	À 12 mois	À 18 mois	À 24 mois
Grave : [i]	Grave : [u]	Grave : [u]	Grave : [u]
Aiguë : [a]	Aiguë : [a]	Aiguë : [ε]	Aiguë : [a]
Diffuse : [i]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]
Compacte : [a]	Compacte : [a]	Compacte : [a]	Compacte : [u]

À 6 mois post-implantation, ce sujet a produit des voyelles [u] dont la valeur de F1 était très élevée, c'est donc la voyelle [i] qui figure en tant que voyelle la plus grave. Nous pouvons cependant conclure que le trapèze est beaucoup plus antérieur qu'aux autres stades. Tout comme chez les 2 autres sujets, les valeurs formantiques de la voyelle [a] occupent les valeurs les plus élevées dans l'axe aigu-compact.

À 12 mois, on note une légère expansion de l'axe diffus-grave dans les deux coins. On note également une diminution des valeurs de F1. L'axe aigu-compact est maintenant partagé entre le [a] (antérieur) et le [ɑ] (postérieur).

À 18 mois, si aucune expansion notable ne peut être observée sur l'axe diffus-grave, on remarque toutefois une expansion de l'axe aigu-compact dans les deux coins. Enfin, on observe encore une fois une diminution des valeurs de F1.

À 24 mois on remarque une importante expansion dans le coin grave. On observe également une centralisation des [a].

Bref, encore une fois on observe une diminution des valeurs en F1, à travers les stades post-implantation ainsi qu'une expansion dans l'axe diffus-grave, surtout dans le coin grave.

6.4 Résultats concernant le sujet 4

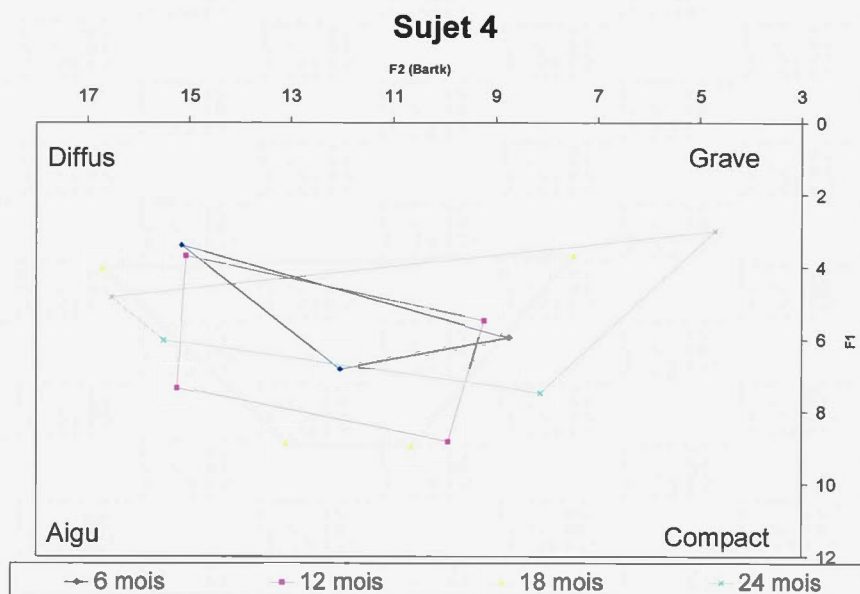


Figure 6.4 Espace vocalique maximal, plan F1 vs F2.

Tableau 6.4

Identité des voyelles les plus graves, les plus aiguës, les plus diffuses et les plus compactes pour chacun des stades post-implantation

À 6 mois	À 12 mois	À 18 mois	À 24 mois
Grave : [o]	Grave : [o]	Grave : [u]	Grave : [u]
Aiguë : [ə]	Aiguë : [ɛ]	Aiguë : [a]	Aiguë : [e]
Diffuse : [i]	Diffuse : [y]	Diffuse : [i]	Diffuse : [i]
Compacte : [o]	Compacte : [ɑ]	Compacte : [ɑ]	Compacte : [a]

Après 6 mois, les valeurs très basses en F1 s'expliquent par une absence de voyelles ouvertes dans l'inventaire vocalique pour ce stade.

À 12 mois, on voit que le trapèze occupe un espace plus restreint qu'aux deux stades qui suivront.

À 18 mois, on remarque une expansion de l'axe diffus-grave dans les deux coins. L'axe aigu-compact est partagé entre le [a] (antérieur) et le [ɑ] (postérieur).

À 24 mois, on ne peut vraiment conclure à une réduction des valeurs de F1 dans l'axe aigu-diffus dans la mesure où la voyelle la plus aiguë est une voyelle mi-fermée, les voyelles antérieures ouvertes et mi-ouvertes occupant un espace plus central en F2. Cependant, on peut conclure à une diminution de F1 dans l'axe compact-grave.

Bref, à l'instar de tous les autres sujets, on remarque une expansion de l'axe diffus-grave; par contre, contrairement aux autres sujets la diminution des valeurs en F1 n'a été observée qu'entre 18 et 24 mois, soit plus tard que pour les autres sujets.

Pour conclure, les plus grandes différences ont été observées entre le 6^e et le 12^e mois d'expérience avec implant. Ces différences, nous le rappelons, concernent une expansion de l'axe diffus-grave, surtout dans le coin grave, ainsi qu'une diminution des valeurs en F1. Nos résultats confirment ceux concernant les enfants francophones de Rvachew *et al.* (2006). Cependant, leur étude démontre que l'expansion de cet axe se produit plutôt dans le coin diffus.

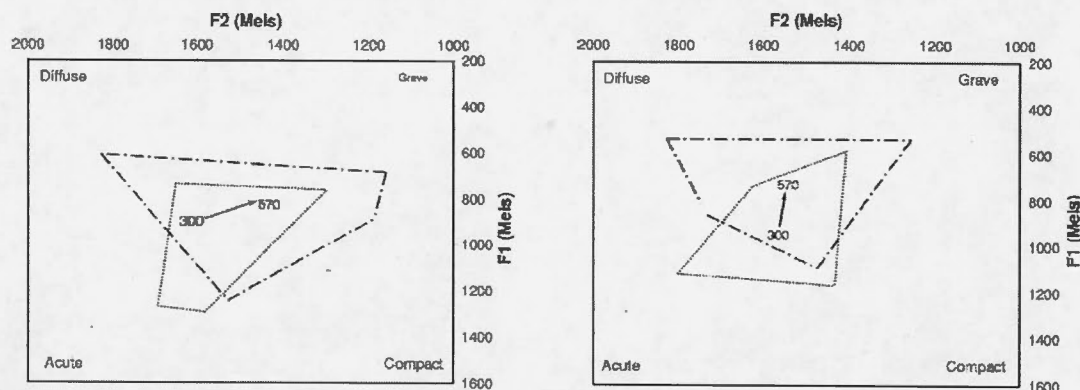


Figure 6.5 Résultats de Rvachew *et al.*, (2006 : 2256) concernant les sujets anglophones (figure de gauche) et les sujets francophones (figure de droite). Les flèches indiquent le mouvement du centre de l'espace vocalique à mesure que l'enfant avance en âge de 300 à 570 jours. Le quadrilatère à lignes pointillées indique la périphérie de l'espace vocalique à 300 jours et le quadrilatère à lignes tirées indique la périphérie de l'espace vocalique à 570 jours.

Nous savons que Rvachew *et al.* (2006) ont observé une expansion du coin grave chez les anglophones, nous croyons que cette différence est due à l'inventaire vocalique de l'anglais, qui contient moins de voyelles antérieures. En ce qui nous concerne, cette expansion du coin grave s'expliquerait par un accès tardif au feedback auditif nécessaire au contrôle conjoint des lèvres et de la langue. Ceci expliquerait également la très faible expansion du coin diffus dans notre cas, nos sujets étant plus âgés et ayant eu accès à l'information visuelle aussi longtemps que des sujets entendants.

Concernant la diminution des valeurs de F1, Rvachew *et al.* (2006) pose l'hypothèse que cette compression suggère des mouvements de la mâchoire d'ouverture-fermeture moins extrêmes. Il faut toutefois préciser que leurs sujets étaient plus jeunes, âgés de seulement 6 à 18 mois. Les enfants retenus pour notre étude étant plus âgés, ont eu accès aux informations visuelles reliées aux mouvements d'aperture plus longtemps. Nous restons donc dubitative par rapport à cette hypothèse, à moins que le feedback auditif ne soit vraiment nécessaire à ce type de contrôle.

La méthodologie de Rvachew *et al.*, (2006) permet une analyse nouvelle et différente de l'évolution de l'espace vocalique. Elle se révèle cependant moins pertinente lorsque l'inventaire vocalique n'est pas complet. Aussi, nous avons vu que cette procédure d'analyse

donne un aperçu de l'évolution des trapèzes vocaliques, mais elle n'est pas vraiment représentative du F1 lorsque les valeurs extrêmes se centralisent (*voir* figure 5.3 vs 6.1).

CHAPITRE VII

SYNTHÈSE

7.1 Les résultats antérieurs

L'acquisition de la parole se déroule en plusieurs étapes. D'abord, la physiologie du conduit vocal du jeune enfant ne lui permet de produire que des voyelles ayant des fréquences formantiques élevées. De plus, son trapèze vocalique n'est pas aussi dispersé que celui de l'adulte (Buhr, 1980; Liebermann, 1980).

Graduellement, le développement du conduit vocal combiné au raffinement du contrôle des articulateurs permettent une expansion graduelle des formants et des voyelles plus variées qui tendent à se disperser dans le trapèze vocalique (Buhr, 1980; Kuhl et Meltzoff, 1982).

Les tout premiers sons émis par le nouveau-né sont appelés « vocalisations » dont l'influence du langage ambiant est reflétée dans les fréquences de formants F1 et F2 (de Boysson-Bardies, 1989). Suivra le babillage canonique qui marque une étape importante dans le développement langagier en lui fournissant un cadre (Stoël-Gammon, 1989; Vihman *et al.*, 1985; Oller *et al.*, 1976). Les premières voyelles et les premières consonnes acquises seront généralement très visibles.

L'enfant sourd, privé d'informations auditives montrera des différences très tôt dans ses productions. Sur le plan acoustique, l'espace phonologique est réduit et les valeurs de formants F1, F2 sont plus rapprochées (Waldstein, 1990; Osberger, 1987; Nickerson, 1975). Bien que l'implant cochléaire transmette une imitation approximative du langage (Porter et Gadre, 2003), il aide de nombreux patients sourds à progresser sur le plan discursif (Ouellet et Cohen, 1999). L'âge à l'implantation constitue l'un des facteurs les plus déterminants pour un développement du langage optimal (Houston *et al.*, 2003; Osberger *et al.*, 1993; Le Normand et Berger, 2003; Makhdoum *et al.*, 1997; Geers, 2002; Calmels *et al.*, 2003).

Selon les auteurs consultés, des changements surviennent rapidement après la pose de l'implant. On remarque graduellement un élargissement de l'inventaire phonétique, une diversité et une production de plus en plus précise des voyelles (Ertmer, 2001; Eisenberg *et al.*, 2003) ainsi qu'une augmentation des sons moins visibles (Serry et Blamey (1999). Notre objectif principal était donc d'assurer un suivi longitudinal de l'émergence du système vocalique chez quatre enfants sourds ayant reçu un implant cochléaire.

7.2 La méthodologie employée

Pour mener à bien cette recherche, nous avons utilisé un corpus constitué d'enregistrements audiovisuels effectués par des orthophonistes et rassemblés orthophonistes par Marie-Thérèse Le Normand de l'Hôpital de la Salpêtrière à Paris. Ce corpus est utilisé au Québec dans le cadre d'un projet dirigé par Henri Cohen.

Les séances d'enregistrement se sont déroulées dans un contexte spontané au centre d'implantation de l'enfant. Nous avons retenu deux filles et deux garçons, tous atteints d'une surdité bilatérale de naissance. Deux des enfants présentent une perte auditive de 100 à 110 dB et les deux autres, de plus de 110 dB. Quant à l'âge à l'implantation, nous avons deux extrêmes : une fillette implantée à 25 mois et une autre à 76 mois.

Après avoir converti les fichiers audio-visuels en fichiers « son », nous avons extrait toutes les voyelles orales possibles, c'est-à-dire, d'une durée assez longue et non-recouvertes par des bruits environnants pour chacun des stades suivants : 6, 12, 18 et 24 mois post-implantation. La durée d'enregistrement pour chacun des stades était d'environ 15 à 20 minutes. Chacune des voyelles retenues a ensuite été soumise à un accord inter-juges. Les 597 voyelles, laissées à l'intérieur d'une syllabe, ont été écoutées par 10 hommes et 10 femmes qui devaient les identifier. N'ont été conservées que les voyelles pour lesquelles 50 % des juges étaient d'accord. Les 473 voyelles retenues ont été transcrites avec les symboles de l'A.P.I. et analysées acoustiquement. L'analyse des deux premiers formants nous a permis de concevoir des trapèzes vocaliques démontrant l'évolution de la taille des inventaires vocaliques.

7.3 Les résultats

7.3.1 Effets du stade post-implantation

En ce qui concerne l'inventaire vocalique, à l'instar de Goud (2004), les plus grandes différences entre les sujets ont été observées après 6 mois d'expérience avec implant. Conformément à la littérature on remarque une forte proportion de [i] et de [a] et peu de voyelles postérieures (Warner-Czyz *et al.*, 2005). Un des sujets a aussi, au premier stade étudié, démontré une tendance à l'hypernasalité (Nickerson, 1975). De plus, la voyelle [ɛ] était absent des inventaires, plutôt constitués de voyelles visibles. Les fréquences formantiques F1 et F2 sont élevées et l'espace phonologique est réduit, ce qui confirme également les résultats d'études antérieures. Nous n'avons cependant pas observé de concentration démesurée de voyelles centralisées.

Tout comme Goud (2004), c'est à 12 mois post-implantation que nous observé les changements les plus importants. Il ne fait aucun doute que ce stade constitue une étape cruciale dans le développement des voyelles chez les enfants ayant reçu un implant cochléaire. Ces résultats sont conformes aux observations de Ertmer (2001) et celles de Eisenberg *et al.* (2003) puisque l'on constate un élargissement de l'inventaire phonétique de même qu'une plus grande variété de voyelles. Nos résultats confirment également ceux de Robinshaw (1996) quant à une augmentation des sons moins visibles tels que [ɛ], [ø] et [ɔ]. De plus, leur feedback auditif semble désormais assez développé pour leur permettre de produire des [y] et des [u], visuellement si semblables que des informations acoustiques sont nécessaires pour les distinguer (Schwartz *et al.*, 2004; Robert-Ribes *et al.*, 1988). Nos résultats ne montrent également aucun changement majeur après 18 mois d'expérience avec implant. Les enfants semblent alors atteindre un plateau. Enfin, après 24 mois les quatre enfants produisent un nombre considérable de voyelles postérieures.

Concernant la taille de l'espace acoustique utilisé, celui-ci s'est accru graduellement. En effet, à partir du 12^e mois, nous avons commencé à constater des fréquences moins élevées, ainsi que des formants F1 et F2 moins rapprochés. Le contrôle des articulateurs s'étant raffiné avec le temps, les voyelles de plus en plus variées commencent à se disperser davantage dans le trapèze vocalique (Buhr, 1980; Kuhl et Meltzoff, 1982). Toujours à partir du 12^e mois, les

voyelles produites sont de plus en plus précises (Ertmer, 200; Eisenberg *et al.*, 2003). Les ellipses commencent à se disperser. Aux 18^e et 24^e mois, les catégories vocaliques continuent à se préciser, mais de manière moins significative.

En somme, bien que nous n'ayons pas de données sur les productions des enfants avant l'implantation, les résultats obtenus après 6 mois d'expérience auditive semblent conformes à la littérature portant sur les productions des sourds, sans ou avant, la pose de l'implant cochléaire.

7.3.2 Effets de l'âge à l'implantation

On peut aussi constater que, comme le rapportent toutes les études consultées, la précocité de l'implantation fait une différence. L'inventaire de la fillette implantée le plus tôt est beaucoup plus vaste que celui de l'enfant implantée à 76 mois. En ce qui concerne les productions vocaliques, ce sont les sujets 1 et 3, soit ceux qui ont été implantés le plus tôt, qui présentent les voyelles les plus précises et les plus distinctes.

7.3.3 Effets du manque de feedback auditif sur le contrôle moteur

Par rapport aux enfants entendants du même âge, nos résultats sont semblables à ceux de Ménard (2002) quant à une diminution de la variabilité des valeurs de F1, F2 en fonction de l'âge. On remarque aussi des similitudes avec des pairs normo-entendants sur le plan de l'aperture, où les contrastes entre voyelle mi-fermée et mi-ouverte [e] – [ɛ] sont moins bien distingués. Il en est de même pour l'arrondissement : l'intelligibilité [i] – [y] est réduite. De plus, les voyelles arrondies sont moins bien classifiées et ont des valeurs de F2 plus faibles que ce que l'on peut observer chez les enfants entendants. Ceci pourrait être dû, selon Ménard (2002) à la complexité des stratégies recrutées (coordination langue-lèvres). Ce manque de coordination est aussi observable à l'aide de l'analyse de l'espace vocalique utilisé. En effet, nos résultats ont démontré que si on observe une expansion dans l'axe diffus-grave, cette expansion se fait surtout dans le coin grave, contrairement aux résultats de Rvachew *et al.*, (2006), chez des enfants francophones normo-entendants. Ceci nous indique donc que le feedback auditif est nécessaire à ce genre de comportement.

7.4 Limitations de la recherche

Il aurait été souhaitable, pour une étude plus complète, d'avoir eu accès aux productions langagières de nos sujets avant la pose de l'implant. De plus, la faible qualité acoustique des enregistrements, de même que les chevauchements de parole avec le parent présent ou l'orthophoniste et les bruits extérieurs couvrant souvent les productions des enfants ont rendu l'analyse de ce corpus parfois difficile. Il aurait également été intéressant d'avoir un corpus contrôlé contenant toutes les voyelles. Nous sommes cependant consciente que ces enregistrements n'ont pas été conçus dans un but d'analyse acoustique.

CONCLUSION

L'enfant sourd démontre très tôt des différences dans ses productions langagières. Sur le plan acoustique, par exemple, les valeurs de formants F1 et F2 sont plus rapprochées et l'espace vocalique est réduit. Les chercheurs ont cependant observé des progrès rapides chez les patients qui bénéficient d'un implant cochléaire depuis son avènement en 1984. Ces progrès surviennent peu de temps après la pose de l'implant.

Notre recherche longitudinale portant sur quatre enfants sourds-profonds ayant reçu un implant cochléaire a permis de confirmer les résultats d'études antérieures. En effet, après 12 mois d'expérience auditive, grâce à un contrôle plus fin, nos sujets ont présenté un inventaire vocalique beaucoup plus riche qu'au stade précédent. De plus, les voyelles étaient produites avec plus de précision. Nous avons également noté une augmentation des voyelles moins visibles grâce au feedback auditif. Après 18 mois nous avons toutefois observé un plateau. Enfin, en ce qui concerne l'inventaire vocalique, peu de changements se sont produits après 24 mois. Or, sur le plan acoustique, on remarque une expansion considérable dans le coin grave par rapport aux stades précédents, surtout au 12^e mois post-implantation. Au final, ces résultats sont comparables à ceux d'enfants entendants quant à une diminution de variabilité des valeurs formantiques F1 et F2 et une expansion de l'espace diffus-grave avec le temps (Rvachew *et al.*, 2006).

Perspectives de recherches

Pour avoir des résultats plus concluants, il serait intéressant d'avoir un corpus composé d'enfants entendants du même âge. Ces enfants seraient enregistrés à intervalles réguliers comme ceux auxquels nous nous sommes intéressée pour cette recherche. Il serait également intéressant d'enregistrer les enfants avant la pose de l'implant. Une étude pourrait aussi être menée sur le développement des consonnes chez les enfants ayant reçu un implant, sur une diminution des pauses insérées dans leur discours qui ne correspondent pas aux nôtres (Nickerson, 1975).

APPENDICE A

RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 1

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v9 9	@	0.10183318	6.81212791	12.0518872	15.0765662	18.8478098	2.12123165
v2i	i	0.10991514	3.49703584	14.9265875	17.0071748	18.9535137	3.46267081
v3i	i	0.19631865	3.39379517	15.1621545	16.7174218	18.4693376	3.24581971
v7i	i	0.09506238	4.56857788	13.8303696	16.0033344	18.3131448	4.47751194
v4o	o	0.12743746	5.94841695	8.74633597	16.7154046	18.3716581	4.45802331
v10u	u	0.18445676	5.38619593	9.6005132	14.8652868	18.6298611	5.37138638
v11u	u	0.21980543	5.42036648	9.76682821	15.5113514	18.8034666	5.40789451
v12u	u	0.17023148	5.14885862	10.6212529	15.2536099	18.6235607	5.09384185
v13u	u	0.10703923	4.75618989	13.2227477	15.1255634	18.5844901	4.74453065
v5u	u	0.13248605	5.12584629	10.4049141	16.3712514	18.7686424	5.10036347

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v9	2	0.10480734	6.66875051	13.3684636	16.6726685	18.9247738	3.63767249
v24	@	0.17153743	7.35780541	12.3605506	16.2678709	18.7634145	4.11893258
v31	@	0.09424338	7.55517877	12.9511305	15.7351603	18.3214122	4.12565855
v11	a	0.09652062	8.43302092	13.6528803	17.8653466	#VALUE!	3.44009381
v12	a	0.08769412	9.67199823	12.051176	14.5257999	17.4703982	4.03786898
v15	a	0.08197557	8.94174987	12.5319343	16.1059022	#VALUE!	3.89202906
v16	a	0.11233107	9.02755542	12.3978606	14.951096	18.0723775	3.72569663
v2	a	0.09747096	8.64575043	11.8835247	14.4821784	17.8425512	3.7811406
v30	a	0.08605647	9.52615114	13.4248479	15.889528	19.6528855	4.06349312
v19	a	0.09124127	8.76014914	9.33267866	15.685232	18.537534	3.90880546
v10	e	0.0910318	6.58007825	15.1837512	17.5066885	18.6330746	3.66355532
v23	e	0.0938071	6.56644883	14.6299615	17.1557068	18.5560431	3.61880754
v29	e	0.06938241	6.43188363	15.025773	17.213933	18.8935504	3.54448264
v8	e	0.15253417	7.04024451	14.7486592	17.9097601	19.4337117	3.85998377
v4	E	0.09036534	8.38495712	13.7656655	16.1368899	#VALUE!	3.95268582
v13	i	0.08749366	3.92969678	15.6694498	17.7255337	19.008223	3.869653
v14	i	0.11580379	4.57114813	16.7161519	18.0810147	#VALUE!	3.58175183
v18	i	0.09859659	4.0875899	15.8859663	17.6023074	18.8590006	3.97525449
v20	i	0.12228187	4.55133999	15.7292302	17.7164311	18.8864809	3.79588752
v21	i	0.14313007	4.02124176	15.8546921	18.2131457	18.8500374	3.9752573
v25	i	0.11307033	3.99018415	15.6626552	17.8448531	18.2048549	3.71088874
v27	i	0.06876002	4.56893025	15.8146261	18.289099	18.447963	4.57410669
v28	i	0.14451643	5.33016469	15.8991015	17.8926017	18.7958285	5.13418926
v26	o	0.10058186	6.63572256	9.09070175	15.2788645	18.7763474	3.80397273
v3	o	0.08114005	7.84770594	11.0387277	16.2164307	17.7960798	4.15833607
v5	o	0.10686964	7.12678885	9.8459289	16.8142011	18.458702	3.96782879
v1	u	0.25250189	4.86598274	8.41673643	17.7435125	18.9022732	4.86902449
v3	y	0.17650551	5.09307873	14.5995038	16.485983	18.9388587	5.06935572

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre	
v9		2	0.10480734	6.66875051	13.3684636	16.6726685	18.9247738	3.63767249
v24	@		0.17153743	7.35780541	12.3605506	16.2678709	18.7634145	4.11893258
v31	@		0.09424338	7.55517877	12.9511305	15.7351603	18.3214122	4.12565855
v11	a		0.09652062	8.43302092	13.6528803	17.8653466	#VALUE!	3.44009381
v12	a		0.08769412	9.67199823	12.051176	14.5257999	17.4703982	4.03786898
v15	a		0.08197557	8.94174987	12.5319343	16.1059022	#VALUE!	3.89202906
v16	a		0.11233107	9.02755542	12.3978606	14.951096	18.0723775	3.72569663
v2	a		0.09747096	8.64575043	11.8835247	14.4821784	17.8425512	3.7811406
v30	a		0.08605647	9.52615114	13.4248479	15.889528	19.6528855	4.06349312
v19	a		0.09124127	8.76014914	9.33267866	15.685232	18.537534	3.90880546
v10	e		0.0910318	6.58007825	15.1837512	17.5066885	18.6330746	3.66355532
v23	e		0.0938071	6.56644883	14.6299615	17.1557068	18.5560431	3.61880754
v29	e		0.06938241	6.43188363	15.025773	17.213933	18.8935504	3.54448264
v8	e		0.15253417	7.04024451	14.7486592	17.9097601	19.4337117	3.85998377
v4	E		0.09036534	8.38495712	13.7656655	16.1368899	#VALUE!	3.95268582
v13	i		0.08749366	3.92969678	15.6694498	17.7255337	19.008223	3.869653
v14	i		0.11580379	4.57114813	16.7161519	18.0810147	#VALUE!	3.58175183
v18	i		0.09859659	4.0875899	15.8859663	17.6023074	18.8590006	3.97525449
v20	i		0.12228187	4.55133999	15.7292302	17.7164311	18.8864809	3.79588752
v21	i		0.14313007	4.02124176	15.8546921	18.2131457	18.8500374	3.9752573
v25	i		0.11307033	3.99018415	15.6626552	17.8448531	18.2048549	3.71088874
v27	i		0.06876002	4.56893025	15.8146261	18.289099	18.447963	4.57410669
vv28	i		0.14451643	5.33016469	15.8991015	17.8926017	18.7958285	5.13418926
v26	o		0.10058186	6.63572256	9.09070175	15.2788645	18.7763474	3.80397273
v3	o		0.08114005	7.84770594	11.0387277	16.2164307	17.7960798	4.15833607
v5	o		0.10686964	7.12678885	9.8459289	16.8142011	18.458702	3.96782879
v1	u		0.25250189	4.86598274	8.41673643	17.7435125	18.9022732	4.86902449
v3	y		0.17650551	5.09307873	14.5995038	16.485983	18.9388587	5.06935572

Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre	grave/aigu
a	0.10248593	8.94003601	12.666861	15.696397	18.684037	3.67442827	10.8034485
a	0.12667043	8.07044109	12.6885426	16.6137104	18.2800845	3.3013922	10.3794918
a	0.11822037	8.72267518	12.9965351	15.5834847	18.8870176	3.57151573	10.8596051
a	0.14386711	9.7258159	11.8613151	15.5941024	17.8297267	3.95601596	10.7935655
a	0.14972834	8.47025446	12.2690607	15.2338575	18.4636	2.72725043	10.3696576
a	0.12602253	7.30012889	11.8568162	14.8963919	18.5841512	3.00288345	9.57847256
a	0.09142818	8.70318524	12.7594359	15.4616679	18.1902816	2.69556821	10.7313106
a	0.12328879	9.74976832	12.3702863	15.9299176	17.2477343	3.32347184	11.0600273
a	0.17703119	8.82766949	13.1405097	16.1559391	18.2819201	5.18939677	10.9840896
a	0.13542824	8.16496902	11.5562719	15.6794709	#VALUE!	2.42345458	9.86062045
e	0.15039179	6.30132618	14.0363795	17.4022897	18.2213783	3.92815104	10.1688529

e	0.18722078	5.19398943	14.3105568	16.1365111	18.944122	3.14295551	9.75227311
e	0.06918677	6.20820037	13.5871407	16.3366142	18.5120102	3.35496697	9.89767053
e	0.14462297	5.30759577	15.0239752	17.5319952	#VALUE!	1.90326129	10.1657855
E	0.06871246	7.34477353	11.9940481	14.5304693	17.509445	3.79887172	9.66941081
E	0.17210002	7.25755136	12.2239436	14.6723918	17.901254	4.62703084	9.74074747
E	0.13381447	7.05985394	14.0267064	15.7231073	18.7375096	2.75232866	10.5432802
i	0.17058284	4.52379528	15.5491379	17.6992437	#VALUE!	3.25542928	10.0364666
i	0.115842	4.25267734	15.4981115	17.1332056	18.9310598	4.12545026	9.8753944
i	0.30545996	4.01991018	15.4581155	17.0290388	18.8760436	3.77807821	9.73901282
i	0.07085983	4.31506945	14.9849547	16.4452938	18.370099	4.23225472	9.65001207
o	0.15099008	6.10005408	9.50274839	16.2373583	18.7636563	3.19160888	7.80140124
o	0.29557138	6.55686423	12.2435707	14.7716169	18.9181169	3.1016711	9.40021749
o	0.14117884	6.18549846	10.5522545	15.8428921	18.732998	3.79316409	8.36887646
u	0.13869187	5.27288735	8.98407949	15.5989396	18.9339324	5.17951385	7.12848342
u	0.11675552	5.66206855	7.32978671	13.0880343	16.4075024	3.47543312	6.49592763
u	0.17656757	3.6543125	10.4018081	15.6525887	18.6924242	3.43814894	7.0280603
u	0.25075436	4.47201533	10.0631315	15.9400786	18.7340538	3.77558673	7.26757343
u	0.11007996	4.99504225	10.5820578	16.145841	18.9098519	4.9004882	7.78855001
u	0.03718909	5.04056284	10.750688	13.8711788	18.787797	4.67773134	7.8956254
u	0.21082128	6.11671108	10.4233656	14.5029246	18.9502347	3.33789467	8.27003833

APPENDICE B

RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 2

Sujet

2 T1

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v13 a	a	0.1384547042053157	9.99394849	13.1250776	16.6086866	18.791176	3.90193113
v1a	a	0.2550158786566019	10.8199184	12.9406541	18.1217317	18.9193767	4.81445491
v3a	a	0.4046724011918812	9.37059238	13.3196207	18.1497332	18.4461498	4.19250478
v6a	a	0.15442976537553932	8.77107579	12.6676008	16.6005656	19.5041986	3.47098536
v8a	a	0.18478784446182317	9.38675354	12.5791583	17.0479082	19.4419968	3.46734737
v9a	a	0.1557252339779609	9.00341371	12.9382713	17.0357231	18.6007344	3.48820623
v11e	e	0.24773047314164387	6.93170127	14.9607419	16.5781194	19.0604832	3.90878164
v12e	e	0.2184456002113535	6.69913947	15.1050477	16.958022	19.2382815	3.73339818
v1e	e	0.09332000945241248	7.46642302	14.1494814	17.3480066	#VALUE!	4.16425057
v2e	e	0.2949825653317717	6.56229385	15.8559371	17.9586661	18.7956578	3.60410496
v10i	i	0.2344825072886323	4.60556272	15.916453	17.5662799	19.2389476	3.70214013
v2i	i	0.12457464345387237	5.19618204	16.4363934	16.55233	#VALUE!	4.1007289
v4i	i	0.2431897203325768	4.30510162	14.8836538	17.8402511	#VALUE!	4.11602423
v5i	i	0.2076607709750533	4.96010771	16.2606902	17.4871229	19.2358428	3.78477983

Sujet

2 T2

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v11 9	@	0.2717447	8.10812145	12.588068	16.9584931	0	4.56975685
v16a	a	0.1171233	6.67629479	11.9204511	16.643825	18.5997933	4.35524896
v4a	a	0.24207382	7.30282621	9.82102095	14.2325061	16.8558863	4.06472045
v5a	a	0.07296936	8.41099674	10.0425868	13.4085121	17.1034167	3.63790591
v9A	a	0.19956859	9.47568226	12.1965929	17.0347023	18.6945047	3.52369494
v21e	e	0.37555518	6.36284336	14.3297333	17.2997471	18.1546067	4.04092137
v23E	E	0.45056111	7.93941495	13.756417	16.8033212	19.2656667	3.04690085
v10i	i	0.21304956	3.69834798	16.0123867	17.4738545	18.8570322	3.1707002
v14i	i	0.38841799	5.83154328	15.309214	17.7581092	0	3.6318004
v20i	i	0.17037967	4.22890297	15.1048297	17.1772618	18.7234742	4.13769174
v22i	i	0.21461711	3.83220373	15.2063512	17.4072171	18.7714963	3.58464974
v24i	i	0.29342989	3.80162459	15.2451778	16.9920364	18.7559851	3.63667907
v2i	i	0.17907468	4.61401221	15.3652506	17.6493486	18.947078	4.23482434
v6i	i	0.48778686	3.80382361	15.5012906	17.1832839	19.1329081	3.76101661

v7i	i	0.31941374	4.77531876	15.5910454	17.7212319	19.0482379	3.82196224
v1y	y	0.11906691	4.91583671	15.1372216	16.7923447	18.9993497	4.09070359

Sujet

2 T4

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v2 9	@	0.3507954	6.83022628	13.0515845	17.4532679	0	3.23030537
v42 9	@	0.18790646	6.48385161	13.5429826	17.831078	0	3.56154666
v15a	a	0.1279586	8.65618129	11.6228671	16.7277563	0	3.35196176
v19a	a	0.09070869	8.52636152	13.1828512	17.6372501	0	3.59481542
v1a	a	0.11116553	9.4686883	13.7624615	18.1327238	0	3.33440586
v21a	a	0.1147558	8.43695902	12.3576502	17.6125044	0	3.45172884
v25a	a	0.07199417	8.481943	13.3056595	18.5034738	0	3.46656453
v30a	a	0.08715714	8.63537178	13.1489604	17.7906917	0	3.55062242
v33a	a	0.1332786	7.08513345	13.1913825	16.6866534	0	3.59732985
v34a	a	0.23680115	9.94869157	12.8564071	17.4826325	0	4.19979117
v35a	a	0.06287996	8.35597357	10.6427609	16.7191687	0	3.86399145
v36a	a	0.16769555	9.39224747	11.6464142	17.1621249	0	3.48711838
v37a	a	0.07191184	7.9741953	10.9741544	16.4346854	0	3.16724205
v41a	a	0.17323612	8.31327292	12.985281	16.7576377	0	3.81224229
v17A	a	0.15674031	8.7222929	11.8534159	15.8253945	0	3.55443593
v23A	a	0.11471821	7.81382336	11.0316373	17.1460731	0	3.30014799
v10e	e	0.12972379	5.71153433	15.0474417	17.1111604	0	3.07844638
v28e	e	0.28803115	5.78127286	15.2405669	17.8226411	0	4.11187674
v7e	e	0.18106443	5.96199926	15.9365749	17.3276267	0	3.2530898
v8e	e	0.49796035	5.56218261	14.5446604	17.3463406	0	2.99542763
v11i	i	0.26595346	4.9495008	15.8628631	17.6505147	0	3.55607796
v12i	i	0.05519995	3.9187684	15.4675179	17.4930549	0	3.37255163
v24i	i	0.17745435	4.44538406	16.2682583	16.8869689	0	3.2936424
v39i	i	0.13584419	4.30900459	15.5868609	17.6873983	0	3.77657288
v40i	i	0.28504215	3.95971189	15.6434168	17.6488674	0	3.4941789
v4i	i	0.17088745	5.5969086	16.0641491	17.705654	0	3.26451496
v22o	o	0.26091796	6.44683876	8.94321281	16.3499839	0	3.49447515
v3o	o	0.10251924	5.43552376	9.07839593	14.4455692	0	2.91946151
v26O	O	0.19402246	7.02983144	9.5308271	16.5638362	0	3.38050822
v9O	O	0.45059888	7.59561338	9.89015475	16.7505509	0	3.35652958
v16u	u	0.18902693	4.00944969	7.26223319	14.0015477	0	3.70092006
v20u	u	0.22681773	3.94478603	7.29607341	14.2877385	0	3.91017977
v27u	u	0.25480217	5.84990535	8.43888923	16.1556911	0	3.82965204

APPENDICE C

RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 3

Sujet 3

T1

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v28 2	2	0.14124583	5.62574859	12.2021945	19.0682067		3.23305322
v11a	a	0.05132888	8.03833783	12.5546458	17.92176		3.25789443
v13a	a	0.10079916	9.48004662	13.4404473	18.275754		4.39725102
v14a	a	0.13759598	9.19031509	12.2902668	14.8818903		5.4963898
v18a	a	0.10223982	9.79721492	13.2100894	18.6863592		4.31505485
v19a	a	0.12598824	10.0164425	14.0941047	18.9572981		4.78750669
v21a	a	0.10397198	10.3318854	14.1077737	16.4233811		4.97183469
v23a	a	0.08223459	8.71740296	13.0533213	18.6129103		3.67421618
v24a	a	0.10774864	10.7684104	13.7607471	18.286167		4.76121783
v25a	a	0.05741474	8.16310784	12.2940438	18.5617193		4.62069118
v5 a	a	0.08100222	9.70775753	13.2278562	17.1742777		4.12391921
v6a	a	0.07110314	10.985839	12.4864601	16.6129145		4.59335246
v9a	a	0.05630482	9.34503128	12.8398563	18.3775331		4.06911714
v15A	A	0.10490399	8.35177777	11.6988576	17.7195632		3.45196836
v12i	i	0.33080005	3.93341728	14.9643456	18.1046149		3.79002171
v16i	i	0.07131868	4.12750753	11.4545398	16.5219602		3.69842629
v2i	i	0.10038254	3.71120004	13.1830289	17.0504664		1.78504183
v3i	i	0.11224348	4.15171644	16.0568311	18.5306577		3.60055943
v4i	i	0.12294636	3.651138	15.7936679	16.8680186		3.52956252
v8u	u	0.11086357	5.24820116	12.1806128	17.8359073		3.45171336

Sujet 3

T2

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v7 2	2	0.12238419	5.26870348	11.3433123	15.7392	18.1498004	3.49656403
v12a	a	0.20796222	10.2012385	12.6968344	17.6709637	18.4937776	2.77527673
v16a	a	0.09552378	9.7733997	12.5398997	18.2324102	18.3349593	2.86847921
v17a	a	0.13424995	7.64622132	11.927402	17.7404957	#VALUE!	3.31183697
v18a	a	0.13644928	8.19209832	12.1621534	17.6526026	18.2880087	3.18875
v1a	a	0.08197027	9.29058832	12.9729362	17.4695778	#VALUE!	3.50304117
v24a	a	0.07100781	7.97770155	12.6039768	17.8407851	#VALUE!	3.31320916
v30a	a	0.20462209	7.99711493	12.6227917	17.7363036	18.4602937	4.53628202
v36a	a	0.07058355	8.16969752	13.1033921	16.9943614	19.2036433	3.62863364
v41a	a	0.10311647	9.44061373	12.242528	17.8112932	#VALUE!	3.16324729
v44a	a	0.13987323	8.26307448	13.7809776	17.9212024	#VALUE!	3.39498203
v48a	a	0.10856855	9.89381158	11.910296	17.6919188	18.426681	3.43695139

v50a	a	0.12350154	7.64512914	12.4577923	15.0556436	17.9690567	3.26420356
v60a	a	0.12427312	8.58660039	12.2066225	16.4671962	19.1281384	3.56720183
v62a	a	0.1142371	8.65695319	12.2674565	16.953061	18.7348607	3.02413973
v9a	a	0.15772424	9.05052491	14.343337	17.605407	#VALUE!	2.94545947
v14A	A	0.24649966	7.80030326	10.3061423	17.411729	18.3519289	3.08119542
v19A	A	0.12578773	7.87325311	11.6323674	17.9504084	18.9569785	3.33334398
v20A	A	0.09433164	8.98557289	12.1358335	16.6731874	17.938189	2.82752034
v22A	A	0.23629609	8.89645003	12.2137929	17.4543214	18.0527052	3.65448973
v25A	A	0.16807744	8.92353046	12.1018112	17.6610838	19.2071149	2.82996907
v35A	A	0.11418629	8.87622866	12.0967018	18.0805074	#VALUE!	3.65996879
v46A	A	0.153122	8.72352838	10.5735145	16.9583966	17.9326223	3.44172821
v47A	A	0.23515184	9.83495749	11.3468042	17.3428164	17.5114328	3.35355243
v49A	A	0.18137438	10.0362635	13.4473722	17.427657	#VALUE!	3.36000196
v51A	A	0.08594903	8.54353439	12.2134929	17.5150285	#VALUE!	3.44252958
v52A	A	0.07615783	7.80132144	11.0944884	17.4008027	18.487118	3.11617062
v55A	A	0.11356706	8.59855961	11.3111582	17.5661869	18.7412118	3.16213075
v5A	A	0.09856608	8.97816895	12.2000913	17.8337345	19.3103649	3.53745979
v11e	e	0.07926587	5.78166575	15.755187	17.7551698	#VALUE!	3.12250028
v13e	e	0.12031011	6.3781159	15.284055	18.1750552	#VALUE!	3.2825956
v23e	e	0.1351505	6.46280869	15.6591929	16.3527039	19.0217131	3.55585332
v2e	e	0.11870908	6.60556485	15.1668313	18.0740687	#VALUE!	3.51592335
v31e	e	0.13025309	6.72964646	15.8596927	16.1788431	18.6666648	4.37288246
v34e	e	0.11676046	6.20809992	13.9836411	15.7412989	18.9740966	3.40052925
v37e	e	0.07034851	6.17563687	14.2123953	16.8483164	18.9381747	3.38774647
v43e	e	0.15503062	6.01318764	15.5042969	16.2118121	#VALUE!	3.47129895
v61e	e	0.08238549	5.92561327	15.7461092	18.0241208	#VALUE!	3.27846606
v57E	E	0.33492637	8.65825136	13.5837787	16.9869892	18.6909962	3.7849026
v10i	i	0.09235448	3.74946113	16.1107504	17.3413704	#VALUE!	3.60246618
v15i	i	0.20515375	3.98848985	12.4226566	16.1988262	19.0815982	3.36331424
v28i	i	0.11822054	3.64692565	16.6965205	18.3659083	#VALUE!	3.33951021
v29i	i	0.10398038	4.41374639	15.9840532	17.7810781	19.3624945	4.20063541
v42i	i	0.08206487	3.63618576	13.0065802	16.335143	18.4040544	3.52548104
v45i	i	0.12072962	3.91261582	15.5930801	18.106052	18.9938898	3.88146621
v4i	i	0.05385566	3.94805905	14.1502123	16.3352655	18.8436866	3.78261877
v54o	o	0.12436663	5.69403843	8.78274062	15.3737395	18.1335432	3.06657719
v8o	o	0.0674506	6.11147082	9.52872259	16.6368583	18.3266109	3.30367955
v53O	O	0.12410771	6.33337439	10.1508001	18.1515586	18.3011887	3.46444171
v58O	O	0.18605662	7.53485581	11.5762385	18.4518819	#VALUE!	2.9602148
v33u	u	0.22921769	3.98968717	10.0878925	15.3792636	18.4503501	3.53199592
v59u	u	0.10341364	5.32042827	11.3484561	16.5554431	17.1773122	3.3289427

v6y	y	0.08898206	3.8051908	15.0716964	15.5907865	18.9603538	4.23917148
-----	---	------------	-----------	------------	------------	------------	------------

Sujet 3

T3

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v13 2	2	0.10051457	5.25868846	12.6436276	16.7265993	18.5645742	3.19158379
v58 2	2	0.10636757	5.49261412	12.73253	14.0953805	18.9365945	3.42987343
v8 2	2	0.10822634	5.61457237	13.1872584	16.42271	18.6401652	3.53867653
v2 9	@	0.06027646	6.35493923	12.9674422	16.593494	18.8992065	3.46687655
v52 9	@	0.18792031	6.36787183	12.9716557	17.0356962	18.4632393	3.46863184
v11a	a	0.10648077	9.11581427	12.1940457	17.3576202	18.5242566	4.08513865
v12a	a	0.10888608	9.27618812	12.1146942	17.3290045	18.6948081	3.67403357
v16a	a	0.08517798	7.53073834	13.2646868	17.467834	18.9784673	3.1459073
v19a	a	0.07095781	7.99294644	11.9191034	17.2790301	18.7295575	3.54371735
v20a	a	0.07970338	7.71549171	13.0618407	17.0909101	19.0828379	4.1751842
v22a	a	0.06948992	9.96050836	13.2803699	16.7306489	19.2527435	4.32419162
v23a	a	0.11441404	8.04382109	12.532474	17.1063338	18.4664907	3.82328686
v27a	a	0.08384177	9.86060475	13.2118302	17.0259957	#VALUE!	4.24429634
v29a	a	0.12235501	9.58121105	13.3699511	17.5741247	18.9369254	3.67511412
v30 a	a	0.10987897	7.80157361	12.2471872	14.1038509	18.6266523	3.77098533
v31a	a	0.13628321	8.90102406	12.8959105	17.2238033	18.6989687	3.62920152
v33a	a	0.13044405	10.2357775	12.7900742	17.5235555	18.7801385	3.44067896
v34a	a	0.14500803	8.62510115	12.7020282	17.2814953	19.1890298	3.44886714
v38a	a	0.11688678	9.27230084	12.380305	18.1536307	#VALUE!	4.00593485
v42a	a	0.08854022	9.11543317	12.9151247	17.3005001	18.9474552	3.50933281
v51a	a	0.08481824	9.31519503	12.1030473	18.2575257	#VALUE!	3.89831877
v53a	a	0.11029513	8.39696288	12.5350597	16.8526559	18.0185455	3.62145339
v55a	a	0.12144334	9.64198126	12.2652192	17.9730846	#VALUE!	3.84406557
v18A	A	0.15724454	8.99816638	11.5248604	17.0624369	19.5066467	3.75776981
v24A	A	0.24650731	9.30027628	11.1872911	17.8673048	18.8467839	3.92036621
v26A	A	0.50686342	9.54316246	10.2005699	17.3408469	#VALUE!	3.29209993
v39A	A	0.09353296	7.6764944	10.8389399	17.6102408	#VALUE!	3.76705484
v40A	A	0.11856896	10.3066533	12.1410865	17.6955742	#VALUE!	4.68093921
v54A	A	0.11058684	8.83875685	11.7978518	17.4325275	#VALUE!	3.71952507
v5A	A	0.09471175	8.97086457	11.7346928	18.2157207	18.8878781	3.73634323
v61A	A	0.10711242	8.49260437	11.9519902	17.8604272	19.0074536	3.57206893
v25e	e	0.12254038	5.0232136	15.6154459	16.9758752	18.9878059	3.98142381
v35e	e	0.14654488	5.87365675	16.5701701	18.7614032	#VALUE!	3.20363642
v41e	e	0.06602805	5.6484547	15.7293217	17.943434	#VALUE!	3.46738524
v43e	e	0.18914228	5.71831668	15.4459337	17.6590201	19.19719	3.07901854

v48e	e	0.13011119	6.84067095	15.2356491	17.4339036	#VALUE!	4.42499354
v7e	e	0.07696067	7.00009663	14.9848587	18.4926743	19.1776061	3.98667764
v32E	E	0.10554392	8.74545299	14.6547978	17.7375181	19.2139024	5.11881052
v17i	i	0.22497012	5.38296608	15.8277332	17.0332478	18.7801814	3.58470684
v21i	i	0.12157939	4.33021347	15.7523745	16.7980488	19.4525843	4.37697269
v28 i	i	0.09666733	4.57570734	16.2480704	17.47744	#VALUE!	4.5933001
v47i	i	0.1015603	4.71859616	16.0072357	17.4852496	19.0951563	4.66197765
v50i	i	0.10053389	4.25213318	15.8195651	17.8694164	#VALUE!	3.96343669
v56i	i	0.16221953	4.08018935	16.3928607	17.3121938	19.4867035	3.91677413
v9i	i	0.06790711	4.48201656	15.3913521	17.7728688	19.1504424	3.65467282
v3o	o	0.09986356	6.46251769	8.47797005	17.788495	18.8458972	3.69104677
v49o	o	0.15190628	7.58051716	10.2014535	18.1437593	18.7400088	4.45917093
v45u	u	0.13860903	4.5423765	9.99308414	16.8636047	18.9146126	4.42075984
v60u	u	0.12180577	5.27519799	11.4195048	17.4595165	18.6281696	5.26052127
v59y	y	0.11144286	5.85400971	13.7740589	17.1768359	19.7316816	3.15826554

Sujet 3

T4

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v27 2	2	0.05728789	6.24780202	13.1526684	15.6662635	18.7783498	3.52540977
v53 2	2	0.20105248	6.46677613	13.159464	16.7468433	18.2828766	3.55726902
v48 9	9	0.10214855	7.17803346	12.5767414	16.5965721	18.0714205	3.90882796
v3a	a	0.08637142	8.30612628	11.1890842	16.9040239	18.3293533	3.17365559
v51a	a	0.15400473	8.02965229	12.2697026	17.6009661	#VALUE!	3.15834374
v5a	a	0.0665897	7.56191042	12.2364281	18.2080031	18.2239663	3.14360452
v7a	a	0.12795927	9.73311273	13.2251672	17.6053881	18.0796492	3.29669786
v1A	A	0.08844035	9.53967184	12.2911153	18.3225805	#VALUE!	3.16998102
v2e	e	0.12752936	5.87479116	15.3234485	16.9086901	#VALUE!	3.14538779
v30e	e	0.24470307	6.03068881	14.518399	16.9165191	18.4445802	3.26745446
v33e	e	0.11092906	5.67693825	14.9284165	16.5064483	18.9624808	5.67480563
v45e	e	0.09507015	6.08526951	15.3017752	17.0509193	18.8372992	3.40399836
v46e	e	0.10580443	5.08734244	16.26548	17.9186065	#VALUE!	4.18460856
v52e	e	0.09802643	6.33272252	14.830237	17.3641019	19.307625	3.44776094
v36E	E	0.1035853	7.50555224	14.7417896	16.8033077	#VALUE!	3.48364146
v13i	i	0.09846031	3.78267278	15.2289371	18.017868	#VALUE!	3.68759064
v17i	i	0.06167576	4.36465648	16.3164784	17.2665669	#VALUE!	3.97287484
v18i	i	0.10927342	3.72039062	16.1538753	17.7362881	#VALUE!	3.51449314
v25i	i	0.10932222	3.81117986	16.4973645	17.5538697	#VALUE!	3.69785651
v29i	i	0.08389775	3.77971733	15.0548831	16.3678678	19.19027	3.66872184
v40i	i	0.11288677	3.90798338	15.4868605	17.9140314	#VALUE!	3.8088447

v44i	i	0.09708069	3.77239832	15.4158274	17.3713447	#VALUE!	3.74430527
v47i	i	0.09458152	3.95992687	16.0890909	17.779313	19.5378034	3.81835028
v49i	i	0.13463648	3.88261425	15.2928477	18.1649551	#VALUE!	3.74186481
v14o	o	0.2239885	6.26607218	9.59651356	17.1855481	18.871185	3.08028228
v19o	o	0.09270898	5.92291197	11.1660003	14.4213029	17.4918592	2.10063676
v34o	o	0.05664199	7.01810027	11.8504727	16.8758326	#VALUE!	3.94547572
v10u	u	0.4728926	4.50720374	9.55818535	16.0595099	#VALUE!	4.35285091
v21u	u	0.11232689	6.12640415	8.87801447	15.5664993	18.4513589	3.7453215
v22u	u	0.45940992	4.15807364	6.80120246	15.3961981	#VALUE!	3.93762503
v28u	u	0.08115745	4.68921404	7.37983412	15.5670993	#VALUE!	3.65114456
v35u	u	0.2956157	4.2941067	7.55671705	16.451352	19.25358	4.01627227
v37u	u	0.37668758	3.91371096	10.8436094	16.6373395	#VALUE!	3.70077378
v38u	u	0.10439883	5.85530468	9.61072779	16.3782201	#VALUE!	3.95296347
v39u	u	0.09839268	4.16582802	9.20341614	16.4247687	#VALUE!	4.05376683
v41u	u	0.17584439	3.86119693	7.00083203	13.8042866	16.6014253	3.75027912
v43u	u	0.17722168	5.48232817	10.4088719	16.4606611	19.1606323	5.45989421
v50 2	u	0.08901879	4.66497341	9.73894147	16.5185553	#VALUE!	3.58348388
v8y	y	0.32529513	4.08068696	12.9037112	16.4446685	#VALUE!	4.07870556

APPENDICE D

RÉSULTATS FORMANTIQUES BRUTS DU SUJET 4

Sujet 4

T1

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v9 9	@	0.10183318	6.81212791	12.0518872	15.0765662	18.8478098	2.12123165
v2i	i	0.10991514	3.49703584	14.9265875	17.0071748	18.9535137	3.46267081
v3i	i	0.19631865	3.39379517	15.1621545	16.7174218	18.4693376	3.24581971
v7i	i	0.09506238	4.56857788	13.8303696	16.0033344	18.3131448	4.47751194
v4o	o	0.12743746	5.94841695	8.74633597	16.7154046	18.3716581	4.45802331
v10u	u	0.18445676	5.38619593	9.6005132	14.8652868	18.6298611	5.37138638
v11u	u	0.21980543	5.42036648	9.76682821	15.5113514	18.8034666	5.40789451
v12u	u	0.17023148	5.14885862	10.6212529	15.2536099	18.6235607	5.09384185
v13u	u	0.10703923	4.75618989	13.2227477	15.1255634	18.5844901	4.74453065
v5u	u	0.13248605	5.12584629	10.4049141	16.3712514	18.7686424	5.10036347

Sujet 4

T2

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v27 9	9	0.09996183	5.82707384	13.5091331	16.7083788	18.1180337	2.85635766
v28 9	9	0.18126929	5.97088106	13.8295293	17.0393887	18.5092925	2.99255062
v29 9	9	0.2208742	6.74519866	13.0338116	16.7752706	18.8730217	2.60196129
v14a	a	0.08049721	7.52964323	12.744203	16.4114416	18.4710642	3.01336222
v1a	a	0.10293987	8.26858132	12.8630883	16.7120661	18.8519015	2.50275623
v20a	a	0.07804347	8.00460222	12.9142327	16.7919944	18.7188559	3.02157509
v23a	a	0.09693588	9.72221136	11.6856202	16.6463432	18.4258595	2.61170279
v33a	a	0.11120872	8.26678646	12.0879125	17.2410601	19.1750895	3.04833261
v34a	a	0.10567076	8.34656841	12.8091596	16.7469139	17.954272	2.92915049
v3a	a	0.08602223	9.53595007	12.3090895	17.5024814	#VALUE!	2.70875431
v4a	a	0.09527573	9.8752985	12.1544044	16.8458803	18.3263055	2.66064212
v5a	a	0.10007235	8.40590179	12.608624	15.5317393	18.6280311	2.75261196
v7a	a	0.15933893	9.25303133	12.0418895	16.9737339	17.8022277	3.18881229
v8a	a	0.17408237	9.84423935	12.0758597	16.3868674	18.5358459	2.65523571
v19A	A	0.13939203	8.51538036	11.528009	16.1893542	#VALUE!	2.8330396
v22A	A	0.14842225	8.81956632	9.94137756	16.8539639	18.6080878	2.34742214
v24A	A	0.11885119	8.34297289	11.4102744	17.0790795	#VALUE!	2.79107473
v2A	A	0.05610161	8.651366	11.8363833	16.8380565	19.1779901	2.4769248
v31A	A	0.12283126	7.78014535	11.7188192	16.6764839	18.4914556	2.84437442

v32A	A	0.2078199	8.04594885	10.9540578	16.838889	18.8484737	3.05713192
v6A	A	0.15635375	8.95860828	11.3908991	16.4400512	18.2519689	2.96714289
v15e	e	0.12220863	5.14635498	14.5698369	16.8578456	17.9457955	2.63357436
v18e	e	0.06052738	4.95017176	14.1576765	16.374949	18.2988086	2.58009746
v35E	E	0.15739254	6.89842583	14.6058098	16.5955082	18.4844051	2.70074562
v12 i	i	0.23177929	3.79553115	15.1868417	16.729329	18.2135272	3.64579575
v13i	i	0.12512916	2.94613786	13.8634704	16.4596874	18.4934189	2.69879357
v26o	o	0.10354198	5.46715109	9.23635362	16.377401	18.481534	2.79348199
v16O	O	0.12351802	6.88438022	11.3032215	17.1499998	18.6813525	2.61867588
v21O	O	0.13385315	6.02219473	9.19157456	16.7155873	18.4770503	2.8064483
v10u	u	0.15155999	7.33596637	15.2490337	17.7255324	#VALUE!	3.17535345
v11y	y	0.11385202	3.68000981	15.0781175	17.5549305	#VALUE!	3.58430375

Sujet 4

T3

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v40 9	9	0.09644635	6.19766934	11.248702	14.9719204	17.468548	2.44741862
v49 9	9	0.08274142	6.82692318	13.1719869	16.7002185	18.9597422	2.75442342
v11a	a	0.08912932	8.71199155	11.5188387	16.1240836	17.6922761	3.41674203
v13a	a	0.15317924	7.42809123	12.7130321	15.4252471	18.1948476	2.61733724
v16a	a	0.04690235	7.99320515	12.6860091	16.1874841	17.3598334	2.45575271
v19a	a	0.08302889	10.0729419	11.7803291	14.6006777	17.2773717	4.3765436
v35a	a	0.12260131	5.84494797	11.7725187	13.8921995	17.7423197	2.68137525
v44a	a	0.10741564	8.3049253	13.0645257	16.8188006	18.1009956	3.26780393
v9a	a	0.10039031	8.87541981	13.0967427	15.3588914	17.7326003	3.26617996
v18A	A	0.2356464	7.84287383	11.5187546	17.3276624	#VALUE!	3.48090491
v26A	A	0.14011464	6.59510762	11.8095823	12.943177	17.8346494	2.59685315
v42A	A	0.06663467	7.65021053	10.3155971	14.9689744	17.7146029	2.90152687
v4A	A	0.14541491	8.96836161	10.6534244	14.6247266	17.8168975	3.08604506
v20e	e	0.15028477	5.37056784	15.1393707	17.0882903	#VALUE!	2.87494124
v21e	e	0.10740195	5.06050052	15.1974979	16.7789425	18.0530117	2.68859409
v22e	e	0.19097605	4.97986366	15.1782921	16.6058458	18.1595635	2.44262233
v33e	e	0.22509651	4.47306768	15.3915162	17.2401325	18.2750525	2.35789116
v34e	e	0.21968216	5.0485423	15.2673924	17.0729418	18.7896339	2.58325275
v37e	e	0.12909697	4.43428284	15.5722012	17.5712826	#VALUE!	2.40298085
v45e	e	0.09978205	4.66075923	15.4182785	17.0974557	18.9274146	2.41986947
v6e	e	0.14421178	4.93358949	14.740089	15.3900759	18.1323347	2.56994894

v7e	e	0.13864072	5.17043892	14.844017	15.1654991	18.2104102	2.44069792
v1E	E	0.12768952	6.72831187	13.7459556	16.3575958	18.4675368	2.62591761
v36E	E	0.12696274	6.45799247	14.224009	18.1594007	#VALUE!	2.51761431
v5E	E	0.08686196	5.09715524	14.0017137	15.5200876	17.8062357	2.75326409
v10i	i	0.17137893	3.80473295	15.7698134	16.967004	18.7500086	3.76177555
v28i	i	0.28801775	4.41212641	15.7567025	17.4450044	18.2767522	4.40533572
v30i	i	0.43041952	4.03216759	16.7041669	17.4827607	#VALUE!	4.01728899
v32i	i	0.22440051	4.05183241	15.8236142	17.2199405	#VALUE!	3.91076821
v47i	i	0.17769155	3.96415673	15.8054582	17.2631807	18.674352	3.94112393
v43o	o	0.08859116	4.69207126	8.27325727	17.2056816	#VALUE!	2.41129922
v46o	o	0.19057246	5.08764744	9.68523364	17.3460504	#VALUE!	2.69919669
v51o	o	0.12539683	4.98432422	9.29728269	17.1875787	18.1219759	2.45494874
v38u	u	0.19614966	4.80544723	7.35828415	17.1170284	#VALUE!	2.94397518
v3u	u	0.09072487	3.67095146	7.48737265	16.9659217	18.3694725	3.53867635
v27y	y	0.1044197	4.39988797	14.9789733	16.4702867	18.1784418	4.84502044
v29y	y	0.13325457	4.37826605	14.6999827	16.6683765	19.1857242	4.32784531

Sujet 4

T4

Code	Voyelle	Durée	F1_centre	F2_centre	F3_centre	F4_centre	F0_centre
v4 2	2	0.06764847	3.53870662	9.97155994	14.5101095	19.0448778	2.77277747
v30 9	@	0.10532414	6.00197648	12.237955	16.6143646	18.4296802	2.98570061
v379	@	0.1282698	6.70567845	11.3422916	17.2249665	#VALUE!	2.86910771
v38 9	@	0.0667218	5.09835465	12.2362929	18.0170629	#VALUE!	2.35594778
v14a	a	0.09086964	7.98591543	10.4537763	14.4971252	18.4304712	2.62342051
v19a	a	0.10837829	8.84629137	12.1318497	15.9352962	18.7423004	2.77065472
v25a	a	0.09432164	6.95346882	12.4070702	15.9724742	18.4536545	3.0177318
v26a	a	0.13839377	8.65295101	11.6110912	14.8175624	18.1326915	2.64188521
v36a	a	0.09563699	7.47712228	8.1308701	14.4982337	18.480317	3.28337629
v43a	a	0.1679695	8.72371797	12.5135967	16.3771833	16.9921096	3.73863055
v45a	a	0.09683175	8.68193228	11.5315212	15.7003676	#VALUE!	2.69604922
v56a	A	0.05857923	7.90408	12.0005604	16.0316332	17.7393546	3.27804471
v59 a	A	0.06929314	8.57538219	11.3557989	15.5637984	18.2322427	3.48371837
v20A	A	0.11928223	7.82168122	10.5402459	17.8339488	#VALUE!	2.45004298
v41 A	A	0.10423557	7.66701095	11.3297535	17.0324538	#VALUE!	3.0347713
v42A	A	0.12219687	8.41724624	11.6115069	16.828004	#VALUE!	3.42697709
v48A	A	0.10367206	8.29647721	11.3459309	15.0980995	#VALUE!	3.39990039

v50 A	A	0.0629916	7.97598098	10.4404073	15.5916689	#VALUE!	2.40340526
v51 A	A	0.1389269	7.87249359	11.019357	15.9122789	#VALUE!	2.34652553
v58 A	A	0.0964838	7.95762219	11.281685	15.0364584	17.4122012	2.96358081
v5A	A	0.07693643	7.39257692	11.0233904	14.0550718	16.9841592	2.76356151
v8A	A	0.23489885	8.26812476	10.9474359	14.669323	17.5183821	2.60042441
v12e	E	0.10087338	5.86158827	15.2118187	15.4966347	#VALUE!	3.22686001
v24e	E	0.10536535	5.2948855	15.0105343	16.5448519	18.5077717	2.46087331
v34e	E	0.07942804	4.63909066	14.4494216	16.5235223	#VALUE!	2.4583822
v54e	E	0.08230269	6.02216826	15.5291182	17.8389236	#VALUE!	3.28385435
v15E	E	0.12652635	7.26088892	13.6632915	16.1917261	18.9622504	2.80175622
v16E	E	0.13279017	6.34342353	14.6292902	16.791992	18.5552638	2.51032323
v21i	I	0.10241004	4.85136288	16.5449923	18.5795967	#VALUE!	3.35581873
v35i	I	0.10199617	4.35652175	15.7380992	16.3572519	18.2107537	2.53932324
v13o	O	0.07531229	5.12572171	9.12221521	17.2996111	#VALUE!	2.88491832
v53O	O	0.06751929	5.85958541	8.59727513	16.2882914	17.8019472	2.57014695
v17u	U	0.07180168	3.01348404	4.70840772	14.422673	18.7686172	2.75467079
v11y	Y	0.12423352	4.42647213	15.271348	16.2108496	18.3825336	2.9213435
v22y	Y	0.14489251	3.61137468	14.8501599	15.9075278	18.3148372	2.99977503
v23y	Y	0.12728174	3.57082957	12.8772935	15.7387409	18.8032271	3.33667283
v29y	Y	0.22824239	2.85556474	14.2648097	17.0007084	18.5161643	2.72762681
v33 y	Y	0.11583876	3.59202182	14.3312335	15.7153102	18.4787936	3.44494501
v44y	Y	0.12710227	4.0381887	13.8119803	17.2302609	#VALUE!	2.86528961
v49y	Y	0.17311176	3.26908888	14.1898168	17.7631508	#VALUE!	3.25310258
v9y	Y	0.08620903	4.39485856	15.2148723	17.7064936	#VALUE!	2.82544057

APPENDICE E

DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 1

Sujet 1 T1

	dist euclid
dist @ - a	5.22425336
dist @ - O	3.21771563
dist @-u	4.22073119
dist a-O	2.40788511
dist a-u	5.16663149
dist O-u	3.08518669

Sujet 1 T2

dist 2 - @	1.06224692
dist 2 - a	2.61655525
dist 2-e	1.52863748
dist 2-E	1.76157158
dist 2-i	3.41487242
dist 2-o	3.41874353
dist 2-u	5.26968443
dist 2-y	1.99955032
dist @-a	1.61543542
dist @-e	2.38031233
dist @-E	1.44698264
dist @-i	4.47295468
dist @-o	2.67604903
dist @-u	4.96797162
dist @-y	3.05999179
dist a-e	3.5882581
dist a-E	1.69911355
dist a-i	5.6
dist a-o	2.83348295
dist a-u	7.5
dist a-y	4.59509002
dist e-E	2.06734484
dist e-i	2.48640029
dist e-o	4.93584808
dist e-u	6.72262339
dist e-y	1.58967716
dist E-i	4.53891853
dist E-o	3.95452006
dist E-u	6.40267308
dist E-y	3.395843
dist i-o	6.55121668
dist i-u	4.6

dist i-y	1.48604051
dist o-u	2.81856844
dist o-y	5.06799197
dist u-y	6.18693666

Sujet1 T3

dist a – e	3.43783611
dist a – E	1.48429861
dist a-i	5.29215421
dist a-o	2.90172567
dist a-u	5.7
dist e-E	2.09255574
dist e-i	1.85989632
dist e-o	3.51322899
dist e-u	4.50705898
dist E-i	3.94304986
dist E-o	2.1936133
dist E-u	3.68021925
dist i-o	5.93035702
dist i-u	5.63239199
dist o-u	1.5858142

Sujet 1 T4

dist 2-9	1.87207904
dist 2-a	3.78587388
dist 2-e	1.0714895
dist 2-E	2.97673117
dist 2-i	2.20976406
dist 2-o	4.41836167
dist 2-O	5.36612994
dist 2-u	3.12974538
dist 2-y	0.73232168
dist 9-a	1.97574803
dist 9-e	2.3275741
dist 9-E	2.13169451
dist 9-i	3.99900139
dist 9-o	3.42374448
dist 9-O	3.73844975
dist 9-u	3.31089785
dist 9-y	2.57948312
dist a-e	3.94196329

dist a-E	2.16732298
dist a-i	5.75516687
dist a-o	3.98332925
dist a-O	3.1243285
dist a-u	4.87278672
dist a-y	4.44457587
dist e-E	2.53008857
dist e-i	1.83565075
dist e-o	5.35626966
dist e-O	6.04754404
dist e-u	4.20120224
dist e-y	0.96541035
dist E-i	4.30537038
dist E-o	5.42679442
dist E-O	5.15205065
dist E-u	5.39023253
dist E-y	3.3720354
dist i-o	6.50283382
dist i-O	7.57565227
dist i-u	4.73927815
dist i-y	1.48256804
dist o-O	2.13666488
dist o-u	9.25908855
dist o-y	5.07001873
dist O-u	4.3565377
dist O-y	6.09423518
dist u-y	3.54478475

APPENDICE F

DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 2

Sujet 2 T1

dist a-e	3.36892006
dist a-i	5.62413076
dist e-i	5.62413076

Sujet 2 T2

dist @-a	1.59919274
dist @-e	2.4656426
dist @-E	1.18046652
dist @-i	4.72525108
dist @-y	4.08520082
dist a-e	3.70012346
dist a-E	2.76138641
dist a-i	5.72933246
dist a-y	5.1442095
dist e-E	1.67757847
dist e-i	2.31129406
dist e-y	1.65706537
dist E-i	3.97922076
dist E-y	3.03648968
dist i-y	0.65531384

Sujet 2 T4

dist @ - a	2.13473674
dist @-e	3.38405258
dist @-i	3.29640346
dist @-o	4.34584357
dist @-O	4.33633773
dist @-u	5.99500677
dist a-e	4.0096484
dist a-i	5.32944537
dist a-o	4.22338089
dist a-O	3.54119916
dist a-u	6.11318679
dist e-i	2.45768791
dist e-o	6.18433247
dist e-O	6.37494067
dist e-u	7.61436102
dist i-o	6.9495183

dist i-O	7.35175122
dist i-u	8.15009272
dist o-O	1.37154115

APPENDICE G

DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 3

Sujet 3 T1

dist 2 - a	4.02390568
dist 2 - A	2.77210804
dist 2-i	2.69955969
dist 2-u	0.37816376
dist a-A	1.85061767
dist a-i	5.75190265
dist a-u	4.39700699
dist A-i	5.13824425
dist A-u	3.14074446
dist i-u	2.49579392

Sujet 3 T2

dist 2-a	3.69151832
dist 2-A	3.51359165
dist 2-e	4.02040046
dist 2-E	4.06309301
dist 2-i	3.76641187
dist 2-o	2.27761499
dist 2-u	0.87599006
dist 2-y	4.00533611
dist a-A	0.91266573
dist a-e	3.5725911
dist a-E	0.92987113
dist a-i	5.29637839
dist a-o	4.49246937
dist a-O	2.52949846
dist a-u	4.50224998
dist a-y	5.47553415
dist A-e	4.30232584
dist A-E	1.84243426
dist A-i	5.76874573
dist A-o	3.85486052
dist A-O	1.11304605
dist A-u	4.23058608
dist A-y	5.96795991
dist e-E	2.92073897
dist e-i	2.38598771
dist e-o	6.09562718
dist e-u	4.79718368

dist e-y	2.45404577
dist E-i	4.92498004
dist E-o	5.21539679
dist E-u	4.92313397
dist E-y	5.07603149
dist i-o	6.03828169
dist i-O	5.01174432
dist i-u	4.20231228
dist i-y	0.23904511
dist o-O	1.99505471
dist o-u	1.99949363
dist o-y	6.27681553
dist O-u	2.28368731
dist O-y	5.2439414
dist u-y	4.43569928

Sujet 3 T3

dist 2-@	0.91339207
dist 2-a	3.45938583
dist 2-A	3.01624116
dist 2-e	2.7994392
dist 2-E	3.75051127
dist 2-i	3.56265961
dist 2-o	3.84793487
dist 2-u	2.2166041
dist 2-y	1.00230543
dist @-a	2.56541917
dist @-A	3.07255686
dist @-e	2.64977242
dist @-E	2.91954552
dist @-i	3.46414049
dist @-o	3.68937204
dist @-u	2.68931605
dist @-y	0.95115022
dist a-A	1.25979744
dist a-e	4.10983957
dist a-E	1.98413135
dist a-i	5.43681735
dist a-o	3.83508139
dist a-u	4.46056021
dist a-y	3.24690559
dist A-e	5.13996589
dist A-E	3.24392846

dist A-i	6.34109681
dist A-o	2.88340832
dist A-u	4.1690061
dist A-y	9.31758449
dist e-E	2.88614182
dist e-i	1.50645894
dist e-o	6.33723994
dist e-u	5.01467987
dist e-y	1.50645894
dist E-i	4.38589366
dist E-o	5.58767339
dist E-u	5.50551386
dist E-y	3.02260571
dist i-o	7.03043286
dist i-u	5.22619884
dist i-y	2.51307053
dist o-u	2.51618305
dist o-y	4.58546715
dist u-y	3.21008164

Sujet 3 T4

dist 2-@	1.00460869
dist 2-a	2.24980186
dist 2-A	3.29783263
dist 2-e	2.10122431
dist 2-E	1.95781177
dist 2-i	3.56495804
dist 2-o	2.28551517
dist 2-u	4.64476293
dist 2-y	2.29054584
dist @-a	1.27759312
dist @-A	2.37884805
dist @-e	3.66136553
dist @-E	2.18968087
dist @-i	4.55536104
dist @-o	1.87382923
dist @-u	4.50250902
dist @-y	3.11455689
dist a-A	1.13361487
dist a-e	12.4950996
dist a-E	2.66879718
dist a-i	5.7
dist a-o	2.42250639

dist a-u	4.8
dist a-y	4.37913275
dist A-e	4.69671372
dist A-E	3.18487783
dist A-i	6.61472737
dist A-o	3.44375619
dist A-u	5.95650579
dist A-y	5.49324945
dist e-E	1.71833551
dist e-i	2.03189803
dist e-o	4.3590301
dist e-u	6.48041715
dist e-y	2.89336147
dist E-i	3.75023175
dist E-o	6.02721521
dist E-u	15.0060697
dist E-y	3.88693123
dist i-o	5.46820481
dist i-u	9.8
dist i-y	2.82917823
dist o-u	2.66715953
dist o-y	3.08579092
dist u-y	4.13421884

APPENDICE H

DISTANCES EUCLIDIENNES DU SUJET 4

Sujet 4 T1

dist @ - i	3.95610969
dist @ - o	3.41652827
dist @-u	2.11426173
dist i-o	6.26600214
dist i-u	4.14184327
dist o-u	2.12556782

Sujet 4 T2

dist @-a	2.91570589
dist @-e	1.45069817
dist @-E	1.45069817
dist @-i	3.00619789
dist @-o	4.28108129
dist @-O	3.22161629
dist @-u	2.13153774
dist @-y	2.98020754
dist a-e	4.35812031
dist a-E	3.19696135
dist a-i	5.89770909
dist a-o	4.20146339
dist a-O	2.79894155
dist a-u	3.56212058
dist a-y	5.89520518
dist e-E	1.86592894
dist e-i	1.68517576
dist e-o	5.14448534
dist e-O	4.34954037
dist e-u	2.45301863
dist e-y	1.54351192
dist E-i	3.52851322
dist E-o	5.55694223
dist E-O	4.38108447
dist E-u	0.77793234
dist E-y	3.25288736
dist i-o	5.68911017
dist i-O	5.27263975
dist i-u	4.06066614
dist i-y	0.63352638
dist o-O	1.41232992
dist o-u	6.29641107

dist o-y	6.10901618
dist O-u	5.07892521
dist O-y	5.57018124
dist u-y	3.65994955

Sujet 4 T3

dist @-a	1.5448414
dist @-e	1.99133599
dist @-E	1.828587
dist @-i	4.49419699
dist @-o	3.50674828
dist @-u	5.30017231
dist @-y	3.37940871
dist a-e	3.45617636
dist a-E	2.84442642
dist a-i	5.8872896
dist a-o	4.19259367
dist a-u	5.8666713
dist a-y	4.67476538
dist e-E	1.33658304
dist e-i	2.72421947
dist e-o	4.29867961
dist e-u	5.99808485
dist e-y	1.54381014
dist E-i	2.84491947
dist E-o	5.04363343
dist E-u	6.82501963
dist E-y	1.90501557
dist i-o	6.94122214
dist i-u	8.55112832
dist i-y	1.18128777
dist o-u	1.79732115
dist u-y	7.41818409

Sujet 4 T4

dist 2 - @	3.10065338
dist 2 - a	4.70722418
dist 2-e	5.42796731
dist 2-E	5.29891324
dist 2-i	6.26126599
dist 2-o	1.80000094
dist 2-O	2.6972462
dist 2-u	5.2892939

dist 2-y	4.38362152
dist @-a	2.26857584
dist @-e	3.14832227
dist @-E	2.37153682
dist @-i	4.40854752
dist @-o	2.93068048
dist @-O	3.34242989
dist @-u	7.79849133
dist @-y	3.27554672
dist a-e	4.65769973
dist a-E	3.20826672
dist a-i	6.03919224
dist a-o	3.61557095
dist a-O	3.42546241
dist a-u	8.23905417
dist a-y	6.58810788
dist e-E	3.20826672
dist e-i	1.38358935
dist e-o	5.93711466
dist e-O	6.46565446
dist e-u	9.74842913
dist e-y	1.87009404
dist E-i	2.96870114
dist E-o	5.29639205
dist E-O	5.62850026
dist E-u	10.1699398
dist E-y	14.4782066
dist i-o	7.03869695
dist i-O	7.64804932
dist i-u	11.0672731
dist i-y	1.99654427
dist o-O	5.17798986
dist o-u	4.89318347
dist o-y	5.41492385
dist O-u	4.81908526
dist O-y	6.13914382
dist u-y	9.66886442

BIBLIOGRAPHIE

- Baddeley, A.D. 1995. « Working memory ». *Principles and Brain Sciences*, vol. 4, no 21, p. 512-513.
- Baumford, J. et E. Saunders. 1991. *Hearing impairment, auditory perception and language disability*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc., 292 p.
- Beck, J.M. 1997. « Organic variation of the vocal apparatus ». *Handbook of Phonetic sciences*, W.J. Hardcastle et J. Laver, Oxford, Blackwell, p. 256-297.
- Berger, K.W. 1972. *Speechreading Principles and Methods*. Baltimore: National Educational Press. In ROY, 2004.
- Blake, J. et B. De Boysson-Bardies. 1992. « Patterns in babbling : a cross-linguistics study ». *Journal of Child Language*, no 19, p. 51-74
- Blamey, P., J.G. Barry, C. Bow, J. Sarant, L. Paatsch et R. Wales. 2001. « The development of speech production following cochlear implant ». *Clinical Linguistics and Phonetics*, no 15, p. 363-382.
- Blamey, P., J.G. Barry et P. Jacq. 2001. « Phonetic inventory development in young cochlear implant users 6 years postoperation ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 44, p. 73-79.
- Bleile, K. 1989 « A note on vowel patterns in two normally developing children ». *Clinical Linguistics and Phonetics*, no 3, p. 203-212.
- Boë L.J. et S. Maeda. 1997. « Modélisation de la croissance du conduit vocal. Espaces vocaliques des nouveaux-nés et des adultes. Conséquences pour l'ontogenèse et la

- phylogenèse » *Journées d'Études Linguistiques : La voyelle dans tous ces États*, Nantes , p.98-105.
- Boë, L.J. 1999. « Modelling the growth of the vocal tract vowel spaces of newly born infants and adults. Consequences for ontogenesis and phylogenesis ». *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*, no 3, San Francisco, p. 2501-2504.
- Boothroyd, A. 1984. « Auditory perception of speech contrasts by subjects with sensorineural hearing loss ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 27, p. 134-144.
- Boothroyd, A., A. Geers et J. Moog. 1991. « Practical implications of cochlear implants in children ». *Ear & Hearing* no 12, p. 1-89.
- Branchi, F. 1996. « L'enfant sourd à la découverte du langage ». *LPC Info*, no 124, p. 1-3.
- Brinton, J. 2001. « Measuring language development in deaf children with cochlear implants ». *International Journal of Disorders of Communication*, no 36, p. 121-125.
- Brosda, S. 1998. « Du babillage canonique à la naissance du contrôle des degrés de liberté des articulateurs ». Mémoire de maîtrise, Grenoble, Institut de la Communication Parlée.
- Buhr, R.D. 1980. « The emergence of vowels in an infant ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 23, p. 73-94.
- Buser, P., M. Imbert. 1987. « Audition : Neurophysiologie fonctionnelle III », Paris : Éditions Hermann, 342 p.
- Callan, D.E. 1998. « An auditory-feedback-based model of speech production in the developing child ». Thèse de doctorat, Madison, University of Wisconsin.
- Calmels, M.N., N. Cochard, O. et Deguine, B. 2003. « L'implant cochléaire chez l'enfant : bilan, technique chirurgicale et résultats à long terme ». *Connaissances Surdité, la revue d'ACFOS*, HS, no 1, p. 106-109.

- Calmels, M.N., I. Saliba, G. Wanna, N. Cochard, J. Fillaux, O. Deguine et B. Fraysse. 2004. « Speech perception and speech intelligibility in children after cochlear implantation ». *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* no 68, p. 347-351.
- Carton, F., M. Rossi, D. Auteserre et P. Leon. 1983. « Les accents des Français », Paris : Hachette, 96 p.
- Clement, C.J. 2004. « Development of vocalizations in deaf and normally hearing infants ». Thèse de doctorat, Landelijke, Netherlands Graduate School of Linguistics.
- Cruttenden, A. 1970 « A phonetic study of babbling ». *British Journal of Disorders of Communication*, no 5, p. 110-117.
- Cummings, C.W., J.M. Fredrickson, L.A. Harker, C.J. Krause, D.E. Schuller. 1993. *Otolaryngology- Head and Neck Surgery, Ear and Cranial Base Second Edition*. Baltimore : Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, John Hopkins University School of Medicine Press.
- Davis , B.L. et P.F. MacNeilage. 1995. « The articulatory basis of babbling ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 38, p. 1199-1212.
- De Boysson-Bardies, B., L. Sagart et N. Bacri. 1981. « Phonetic analysis of late babbling : A case study of a French child ». *Journal of Child Language*, no 8, p. 511-524.
- De Boysson-Bardies, B., P. Hallé, L. Sagart et C. Durand. 1984. « Discernible differences in the babbling of infants according to target language ». *Journal of Child Language*, no 11, p. 1-15.
- De Boysson-Bardies, B., P. Hallé, L. Sagart, C. Durand. 1989. « A cross-linguistic investigation of vowel formants in babbling », *Journal of Child Language*, no 16, p. 1-18.
- De Boysson-Bardies, B. 1999. *Comment la parole vient aux enfants*. Paris : Éditions Odile Jacob, 302 p.

- De Villiers, J.G. et J.E. Pyers. 2002. « Complements to cognition: a longitudinal study of the relationship between complex syntax and false-belief understanding ». *Cognitive Development*, no 17, p. 1037-1060.
- Dunkeld, J. 1978. « The function of imitation in infancy ». Thèse de doctorat, Edimburgh, University of Edimburgh.
- Dyson, A.T., A.É. Holmes, S. Martin et F.J. Kemker. 1993. « Changes in consonants and vowels produced in the speech of a prelingually deafened cochlear implant user ». *The Volta Review*, no 95, p. 11-19.
- Eisenberg, L.S., A. Schaeffer Martinez et A. Boothroyd. 2003. « Auditory-visual and auditory-only perception of phonetic contrasts in children ». *The Volta Review*, no 103, 4, p. 327-346.
- Erber, N.P. 1975 « Auditory-visual perception of speech ». *Journal of Speech and Hearing Disorders*, no 40, p. 481-492.
- Ertmer, D.J., K.I. Kirk, S.T. Seghal, A.I. Riley et M.J. Osberger. 1997. « A comparison of vowel production by children with multichannel cochlear implants or tactile aids: perceptual evidence ». *Ear and Hearing*, vol. 18, no 4, p. 307-315.
- Ertmer, D.J. 2001 « Emergence of a vowel system in a young cochlear implant recipient ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 44, p. 803-813.
- Ertmer, D.J. et J.A. Mellon. 2001. « Beginning to talk at 20 months : early vocal development in a young cochlear implant recipient ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 44, no 1, p. 192-206.
- Ertmer, D.J., L.M. Strong et N. Sadagopan. 2003. « Beginning to communicate after cochlear implantation : oral language development in a young child ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 46, p. 328-340.

- Fisher, C.G. 1968. « Confusion among visually perceived consonants ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 11, p. 796-804. In ROY, 2004.
- Geers A.E. 2002. « Factors affecting the development of speech, language, and literacy in children with early cochlear implantation ». *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, no 33, p. 172-183.
- Geers, A.E., J.G. Nicholas et A.L. Sedey. 2003. « Language skills of children with early cochlear implantation ». *Ear & Hearing*, no 24, p. 46-58.
- Geffner, D. 1980. « Feature characteristics of spontaneous speech production in young deaf children ». *Journal of Communication disorders* no 13, p. 443-454.
- Gentil, M. 1981. « Le rôle de la lecture labiale dans la reconnaissance de la parole » Doctoral Report, Medical Sciences, Université de Franche-Comté. In ROY, 2004.
- Goud, M. 2004. *Émergence du système vocalique chez des enfants sourds profonds ayant un implant cochléaire*. Mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal.
- Green, J.R., C.A. Moore, M. Higashikawa et R.W. Steeve. 2000. « The physiologic development of speech motor control: Lip and jaw coordination ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 43, p. 239-255.
- Heider F. et G.M. Heider. 1940. « An experimental investigation of lipreading ». *Psychol. Monogr.*, 52, p. 124-133. In ROY, 2004.
- Hochberg, I., J. Schmidt. 1983. « A model inservice-preservice training program to improve the speech of hearing-impaired children » In *Speech of the Hearing Impaired* sous la dir. de I. Hochberg, H. Levitt et M.J. Osberger. Baltimore: University Park Press.
- Houston, D.M., E.A. Ying, D.B. Pisoni et K.I. Kirk. 2003. « Development of pre-word-learning skills in infants with cochlear implants ». *The Volta Review*, vol. 103, no.4, p. 303-326.

- Jakobson, R. 1941. « Kindersprache, Aphasie und allgemeine Lautgesetze ». Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag .
- Juscyk, P.W., A. Cutler et N. Redanz. « Preference for the predominant stress patterns of English words ». *Child Development*, no 64, p. 675-687.
- Juscyk, P.W. 2002 « Some critical développments in acquiring native language sound organization during the first year ». *Annals of Otology Rhinology & Laryngology* III, p. 11-15.
- Kent, R.D. 1976. « Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism : evidence from acoustic studies ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 19, p. 421-447.
- Kent, R.D. 1985. « Vocalizations of one-year-olds ». *Journal of Speech and Hearing Disorders*, no 52, p. 64-75.
- Kent, R.D. 1992 « The biology of phonological development ». In *Phonological Development : Models, Research, Implications*, sous la dir. de C. Ferguson, L. Menn et C. Stoël-Gammon, p. 65-90. Timonium, Maryland : York Press.
- Kent R.D. 1993. « Sonority theory and syllable pattern as keys to sensory-motor cognitive interactions in infant vocal development ». In *Developmental neurocognition speech and face processing in the first year of life*, sous la dir. de de Boysson-Bardies, B., S. de Schonen, P.W. Juscyk, P.F. MacNeilage et J. Morton, p. 329-339. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers.
- Kent R.D. et A. Murray. 1982. « Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months ». *Journal of Acoustical Society of America*, vol. 2, no 72, p. 353-365.
- Kirk, K.I., R.T. Miyamoto, E.A. Ying, A.E. Perdew et H. Zuganelis. 2000. « Cochlear implantation in young children : Effects of age at implantation and communication mode », *The Volta Review*, vol. 4, no 102, p. 127-144.

- Kishion-Rabin, L., N. Haras et M. Bergman. 1997. « Multisensory speech perception of young children with profound hearing loss ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 40, p. 1135-1150.
- Koopmans-Van Beinum, J., C.J. Clement et I. Van Den Dikkenberg-Pot. 2001. « Babbling and the lack of auditory speech perception : a matter of coordination? ». *Developmental Science*, vol. 1, no 4, p. 61-70.
- Kuhl, P.K. 1993. « Innate predispositions and the effects of experience in speech perception: The native language magnet theory », In *Developmental neurocognition speech and face processing in the first year of life*, sous la dir. de de Boysson-Bardies B., de Schonen, S. Jusczyk, P.W., Mac Neilage P.F. et Mortin J., p. 259-274 Dordrecht (The Netherlands), Kluwer Academic Publishers.
- Kuhl, P.K. 1995. « Mechanisms of developmental change in speech and language ». *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm, 2*, p. 132-139.
- Kuhl,, P.K. 2000. « A new view of language acquisition ». *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 22, no 97, p. 1850-1857.
- Kuhl,, P.K. 2004 « Early language acquisition cracking the speech code ». *Nature Reviews, Neuroscience*, no 5, p. 831-843.
- Kuhl, P.K. et A.N. Meltzoff. 1982. « The bimodal perception of speech in infancy ». *Science*, no 218, p. 1138-1141.
- Kuhl, P.K. et A. N. Meltzoff. 1996. « Infant vocalizations in response to speech: Vocal imitation and developmental change ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 4, no 100, p. 2425-2438.
- Lalevée, C. et A. Vilain. 2004. « Développement du contrôle des cadres de la parole : une étude longitudinale du contrôle oral/nasal et de la coordination oro-laryngée ». Acte des 25^e Journées d'Étude sur la Parole (Fès, Maroc, 19 au 22 avril 2004), sous la dir. de

- Bernard Bel et Isabelle Marlien, p.30-31. . Fès : Presses de l'Université Sidi Mohammed Ben Abdallah.
- Le Normand, M.T. et B. Berger. 2003. « Acquisition du langage chez l'enfant sourd porteur d'un implant cochléaire ». *Connaissances Surdité la revue D'ACFOS HS*, no 1 p. 149-153.
- Liebermann, P. 1980. « On the development of vowel production in young children ». In *Child Phonology*, vol.1, sous la dir. de Yeni-Komshian et G., J. KAVANAGH, p. 113-142, New York: Academic Press.
- Lesinski-Schiedat, A. 2003. « Les expériences acquises en matière d'implantation cochléaire pr coce et les perspectives pour des procédures diagnostiques objectives ». *Connaissances Surdité la revue d'ACFOS HS*, no 1, p. 149-153.
- Levitt, A.G. et J.G. Aydelott Utman.1992. « From babbling towards the sound systems of English and French : a longitudinal two-case study ». *Journal of Child Language*, no 19, p. 19-49.
- Lock, A. 1983. *Recapitulation in the ontogeny and phylogeny of language glossogenetics*. New York: Harwood Academic Publishers, p. 255-273.
- Locke J.L. et D.M. Pearson. 1992. « Vocal learning and the emergence of phonological capacity. A neurobiological approach » In *Phonological development models research implication*, sous la dir. de Ferguson, C.A, L. Menn et C. Sto l-Gammon, p. 91-129, Maryland: York Press.
- Loundoun, N., D. Busquet, C. Descourtieux, D. Gaillard, F. Rebichon, F. Denoyelle, G. Roger et E.N. Garab dian. 2003. « Indications de l'implant cochléaire chez l'enfant ». *Connaissances Surdité la revue D 'ACFOS HS*, no 1, p. 111-113.
- McConley-Robbins, A. 2003. « Comment la communication totale peut-elle affecter les performances des implants cochléaires chez les enfants? ». *Connaissances Surdité la revue de l'ACFOS HS*, no 1, p.142-145.

- MacNeilage, P.F. et B.L. Davis. 1990. « Acquisition of speech production : Frames then content ». In *Attention and performance XIII: Motor representation and control*, sous la dir. de Jeannerod, M. p. 453-574, Hillsdale (NJ), Lawrence Erlbaum.
- McGarr, N.S., L.J. Raphael, B. Kolia, H.K. Vorperian et K. Harris. 2005. « Sibilant production in speakers who have hearing loss : electropalatographic and perceptual evidence ». *The Volta Review*, vol. 3, no 104, p. 119-140.
- Makhdoum, J.A., A.F.M. Snik et P. Van Den Broek. 1997. « Cochlear implantation in deaf children ». *Annals of Saudi medicine*, vol. 5, no 17, p.533-539.
- Martin, P. 1996. *Éléments de phonétique avec application au français*. Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval, 253 p.
- Medina, V., N. Loundon, D. Busquet, N. Petroff et W. Serniclaes. 2004. « Perception catégorielle des sons de parole chez des enfants avec implant cochléaire ». Acte des 25^e Journées d'Étude sur la Parole, (Fès, Maroc, 19 au 22 avril 2004), sous la dir. de Bernard Bel et Isabelle Marlien, p. 40-51. Fès : Presses de l'Université Sidi Mohammed Ben Abdallah.
- Meltzoff, N. et M.K. Moore.1983. « Newborn infants imitate facial gestures ». *Child Development*, no 54, p. 702-709.
- Ménard, L. 2002, «Production et perception des voyelles au cours de la croissance du conduit vocal : variabilité, invariance et normalisation » Thèse de doctorat, Grenoble, Institut de la Communication Parlée.
- Ménard, L. et L.J. Boë. 2004. « L'impact des facteurs anatomiques sur l'émergence du système vocalique chez l'enfant ». *Revue canadienne de linguistique*, vol. 49, p. 155-174.
- Ménard, L., J.L. Schwartz et L.J.Boë. 2004. « The role of vocal tract morphology in speech development: Perceptual targets and sensori-motor maps for French synthesized vowels from birth to adulthood ». *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 5, no 47, p. 1059-1080.

- Miller, G. et P.E. Nicely. 1955. « An analysis of perceptual confusion among some English consonants ». *Journal of Acoustical Society of America*, no 27, p. 338-358
- Moeller, M.P. 2000. « Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing ». *Pediatrics*, no 106, E43.
- Monsen, R.B. 1974. « Durational aspects of vowel production in the speech of deaf children ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 17, p. 386-398.
- Monsen, R.B. 1983. « The oral speech intelligibility of hearing-impaired talkers ». *Journal of Speech and Hearing Disorders*, no 48, p. 286-296.
- Moore, J.A. et H.F.B. Teagle. 2002. « An introduction to cochlear implant technology, activation, and programming ». *Clinical Forum* no 33, p. 153-161.
- Mourand-Dornier, L. 1980. « Le rôle de la lecture labiale dans la reconnaissance de la parole ». Thèse de médecine et de pharmacie, Besançon, Université de Franche-Comté. Besançon, in Roy, 2004.
- Nickerson, R.S. 1975. « Characteristics of the speech of deaf persons ». *The Volta Review*, vol. 77, p. 342-362.
- O'Donoghue, G. 2003. « Les défis posés par l'incidence du dépistage néonatal systématique de la surdité et l'implantation cochléaire pédiatrique ». *Connaissances Surdité la revue de l'ACFOS HS*, no 1, p. 117-119.
- Okalidou, A. et K. Harris. 1999. « A comparison of intergestual patterns in deaf and hearing adult speakers: Implications from an acoustic analysis of dissyllables ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 1, no 106, p. 394-410.
- Oller, D.K., R.E. Eilers, D.H. Bull et A.E. Carley. 1985. « Prespeech vocalizations of a deaf infant : a comparison with normal metaphonological development ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 28, p. 47-63.

- Oller, D., K., L.A. Wieman, W.J. Doyle et C. Ross. 1976. « Infant babbling and speech ». *Journal of Child Language*, no 3, p. 1-11.
- Oller, D.K. et R.E. Eilers. 1988. « The role of audition in infant babbling ». *Child Development*, no 59, p.441-449.
- Osberger, M.J. et H. Levitt. 1979. «The effect of timing errors on the intelligibility of deaf children's speech». *Journal of the Acoustical Society of America*, no 66, p. 1316-1324.
- Osberger, M.J. 1987. « Training effects on vowel production by two profoundly hearing-impaired speakers ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 30, p. 241-251.
- Osberger, M.J., N.S. McGarr. 1982. « Speech production characteristics of the hearing-impaired ». In *Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice*, sous la dir. de Lass, N.J., p. 221-283, New York: Academic Press.
- Osberger, M.J., M. Maso et L.K. Sam. 1993. « Speech intelligibility of children with cochlear implants, tactile aids, or hearing aids ». *American Speech-Language-Hearing Association*, no 36, p. 186-203
- Osberger, M.J., A. Robbins, S. Todd et A. Riley. 1994. « Speech intelligibility of children with cochlear implants », *The Volta Review*, no 96, p. 169-180.
- Ouellet C. et H. Cohen. 1999. « Speech and language development following cochlear implantation ». *Journal of Neurolinguistics*, no 12, p. 271-288.
- Plant, G.L. 1980. « Visual identification of Australian vowels and diphthongs » *Australian Journal of Audiology*, 2. In ROY, 2004.
- Owens, E. et B. Blazek. 1985. « Visemes observed by hearing-impaired and normal adult viewers ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 28, p. 381-393.
- Paparella, M.M., D.A. Shumrick, J.L. Gluckman et W.L. Meyerhoff. 1993. *Otolaryngology volume 2, Otology and Neuro-Otology, Third Edition*. W.B. Saunders Company, New York:Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

- Perkell, J.S., F.H. Guenther, H. Lane, M.L. Matthies, E. Stockmann, M. Tiede et M. Zandipour. 2002. « The distinctness of speakers' productions of vowel contrasts is related to their discrimination of the contrasts ». *Journal of Acoustical Society of America*, vol. 4, no 116, Pt.1 p. 2338-2344.
- Porter, G.T. et A.K. Gadre. 2003. « History of cochlear implants ». *Grand Rounds Presentation*. Texas: University of Texas Medical Branch (UTMB) Department of Otolaryngology.
- Reisberg, D., J. McClean et A. Goldfield. 1987. « Easy to hear but hard to understand: A lip-reading and experimental study ». *A.M.A. Archives of Neurology and Psychology*, no 66, p. 289-317.
- Robb, M.P., K.M. Bleile et S.L.Yee. 1999. « A phonetic analysis of vowel errors during the course of treatment ». *Clinical Linguistics & Phonetics*, vol. 4, no 13, p. 309-321.
- Robert-Ribes, J., J.L. Schwartz, T. Lallouache et P. Escudier. 1998. « Complementarity and synergy in bimodal speech : Auditory, visual, and audio-visual identification of French oral vowels in noise ». *Journal of Acoustical Society of America*, vol.6, no 103, p. 3677-3689.
- Robbins, A.M., M.A. Svirsky et K.I. Kirk, D.B. Pisoni et R.T. Miyamoto. 2000. « Language development in profoundly deaf children with cochlear implants ». *Psychological Science*, vol. 2, no 11, p. 153-158.
- Robinshaw, H. 1996 « Acquisition of speech, pre-and post-cochlear implantation : longitudinal studies of a congenitally deaf infant ». *European Journal of Disorders of Communication*, no 31, p. 121-139.
- Robbins, A.M., M.A. Svirsky et K.I. Kirk. 1997. « Children with implants can speak, but can they communicate? ». *Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, no 117, p. 155-160.
- Roy, J.-P. 2004. « Étude de la perception des gestes anticipatoires d'arrondissement par les sourds et les malentendants » Thèse de doctorat, Strasbourg, Université Marc Bloch.

- Rvavchew, S., K. Matock, L. Polka et L. Ménard. 2006. « Developmental and cross-linguistic variation in the infant vowel space : The case of Canadian English and Canadian French ». *Journal of Acoustical Society of America*, vol. 4, no 120, p. 2250-2259.
- Schwartz, J.-L., F. Berthommier et C. Savariaux. 2004. « Seeing to hear better: evidence for early audio-visual interactions in speech identification ». *Cognition*, no 93, p. 69-78.
- Selby, J.C., M.P. Robb et H.R. Gilbert. 2000. « Normal vowel articulations between 15 and 36 months of age ». *Clinical Linguistics & Phonetics*, vol.4, no 14, p. 255-265.
- Serry, T. et P.J. Blamey. 1999. « A 4-year investigation into phonetic inventory development in young cochlear implant users ». *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, no 42, p. 141-154.
- Seung, H.K., A. Holmes et M. Colburn. 2005. « Twin language development : a case study of a twin with a cochlear implant and a twin with typical hearing ». *The Volta Review*, vol. 2, no 105, p. 175-188.
- Shriberg, L. et R. Kent. 1995. *Clinical Phonetics*, 2nd edition. Needham Heights, MA : Allyn et Bacon.
- Spencer, P.E. 2002. « Language development of children with cochlear implant ». In *Cochlear implants in children: Ethics and choices*, sous la dir. de Leigh et J. Christiansen. Washington, DC: Gallaudet Press, 360 p.
- Stark, R.E. 1980. « Stages of speech development in the first year of life ». In *Child Phonology*, vol.1 sous la dir. de Yeni-Komshian, G.H. et J. Kavanagh, p. 73-92, New York: Academic Press.
- Stoël-Gammon, C. 1989. « Prespeech and early speech development of two late talkers ». *First Language*, no 9, p. 207-224.

- Svirsky, M.A., A.M. Robbins, K.I. Kirk, D.B. Pisoni et R.T. Miyamoto. 2000. « Language development in profoundly deaf children with cochlear implants ». *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, vol. 12, no 109, p. 28-30.
- Surdal, A.K. et H.S. Gopal. 1986. « A perceptual model of vowel recognition based on the auditory representation of American English vowels ». *Journal of the Acoustical Society of America*, no 79, p. 1086-1100.
- Truy, E. et G. Lina. 2003. « Implantation cochléaire de l'enfant. Technologie, bilan médical et sélection des candidats ». *Archives de Pédiatrie*, no 10, p. 554-564.
- Tye-Murray, N. 1993. « Vowel and diphthongs production by young users of cochlear implants and the relationship between the Phonetic Level Evaluation and spontaneous speech ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 36, p. 88-502.
- Tye-Murray, N., L. Spencer et G.G. Woodworth. 1995. « Acquisition of speech by children who have prolonged cochlear implant experience ». *American Speech-Language-Hearing Association*, no 38, p. 327-337.
- Vernon, M.C. et C. Alles, C. 1995. « Issues in the use of cochlear implants with prelingually deaf children ». *American Annals of the Deaf*, vol. 5, no 139, p. 485-490.
- Vihman, M.M., M.A. Macken, R. Miller, H. Simmons et J. Miller. 1985. « From babbling to speech : A re-assessment of the continuity issue ». *Language*, vol. 2, no 61.
- Waldstein, R.S. 1990, « Effects of postlingual deafness on speech : Implications for the role of auditory feedback ». *Journal of Acoustical Society of America*, vol. 5, no 88, p. 2099-2114.
- Waldstein R. et S.R. Baum. 1991. « Anticipatory coarticulation in the speech of profoundly hearing-impaired and normally hearing children ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 34, p. 1276-1285.

Walter, H. 1976. *La dynamique des phonèmes dans le lexique français Contemporain*. Paris : France Expansion, p. 113.

Warner-Czyz, M.A., B.L. Davis, et H.M. Morrisson. 2005. «Production accuracy in a young cochlear implant recipient». *The Volta Review*, vol. 2, no 105, p. 151-173.

White, K.R. 2003. « The current status of EHDI programs in the United States ». *Mental Retardation and Development Disabilities Research Review*, no 9, p. 79-88.

Références électroniques

BONNET, G. CAMUS, G. « L'audition humaine »

http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/Entree_par_theme/Acoustique/Audition
(27 novembre 2006).

KRUPKA, S. « Vie artificielle »

<http://www.vieartificielle.com/article/?id=116> (30 novembre 2006)

SEVEN MICE SARL, « Anatomie de l'oreille »

<http://www.medecine-et-sante.com/anatomie/anatoreille.html> (30 novembre 2006).

SOURDS.INFO, « Des informations à l'intention des sourds et des entendants »

<http://surdite.lsf.free.fr/LPC.htm> (2 décembre 2006).

SURDINET, « Les degrés de surdité »

(<http://www.surdite.net/documentation/surdite/degres.html>) (2 décembre 2006).

MARTIN, P. «Phonétique auditive et perceptive»

(<http://www.lli.ulaval.ca/lab02256/lexique/cochlee.html>) (16 avril 2007).